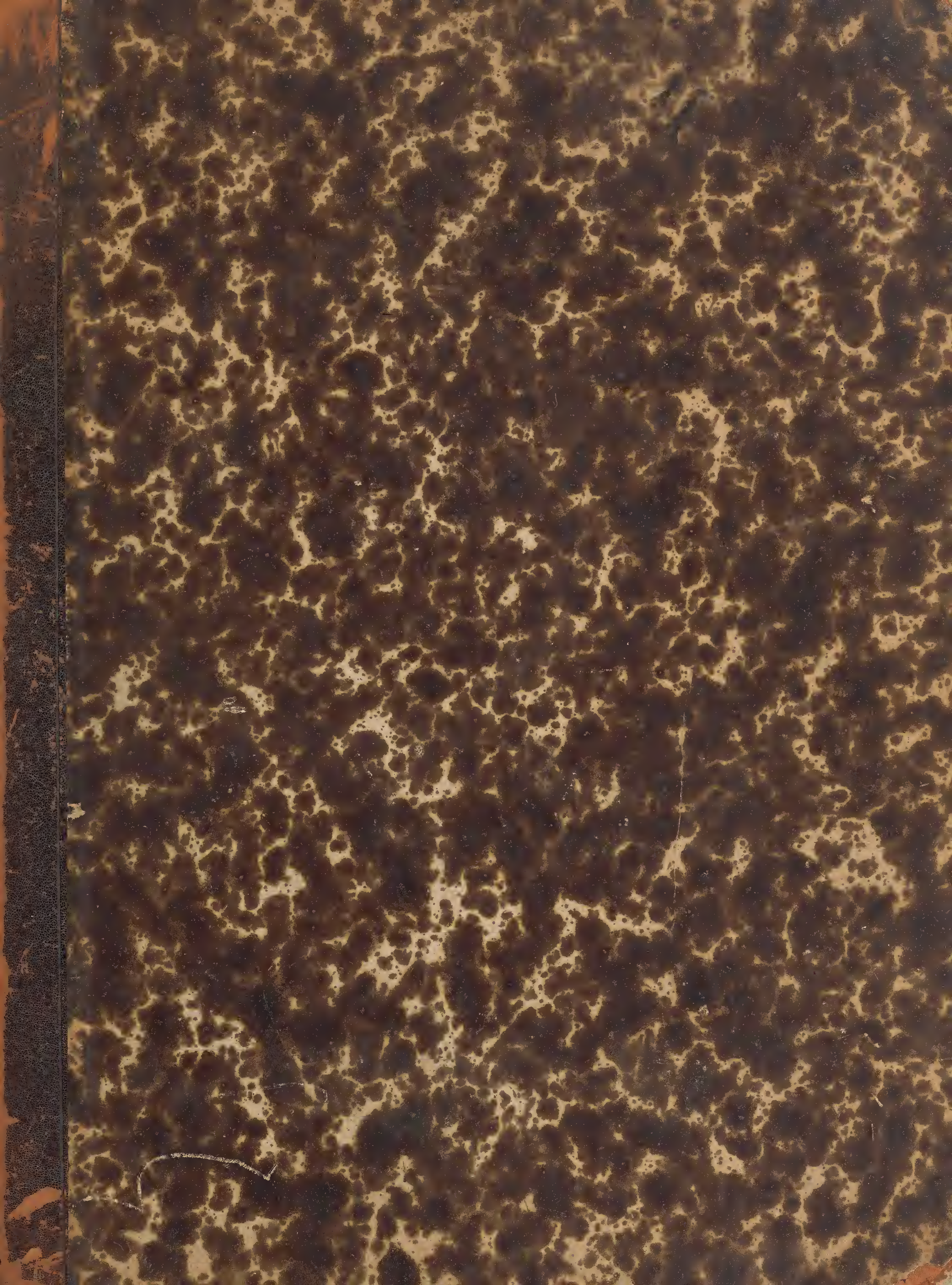




[illegible] [illegible] nicht [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
Vorhaus

Tabelle

Auf zweiten [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible]

Aus folgenden Angaben zu ersehen, daß +
daß [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] auch [illegible]
[illegible]

Und man hat das [illegible] [illegible] [illegible],
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
sein.

Wir werden oft Gelegenheit haben zu
beobachten — daß [illegible] [illegible] [illegible]
Zusammenstellung [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible], [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible]

[illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] einer [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
Körpers

Tabelle

Auf [illegible] ~~[illegible]~~ [illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible]

Aus folgenden [illegible] zu [illegible] +
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible] auch [illegible]
[illegible] [illegible]

Und man hat [illegible] [illegible] [illegible] [illegible],
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
[illegible]

[illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
Zusammen[illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible], [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible]

Es ~~[illegible]~~ endlich schreiten wir nun [illegible]
Betrachtung zur Betrachtung der Geschlechts-
verhältnisse in der organischen Natur, der Pflan-
zen [illegible] [illegible]. Es
sind die Monöcie, die Diöcie und die
Polygamie. Die beiden ersten [illegible]
[illegible], daß die [illegible] wird,
~~[illegible]~~ diese [illegible] [illegible]
[illegible], [illegible], ~~[illegible]~~
~~[illegible]~~ Die [illegible]
Monöcie kommen jedoch [illegible]
in [illegible] [illegible]
Abänderungen sich [illegible] können. Die
Polygamie [illegible]
2 bis 3 Arten [illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]

Bevor wir nun [illegible]
[illegible]
[illegible]

~~Zum ersten Augenblick~~

Der erste Anblick dieser Zahlenmassen [illegible] läßt
keinen Schluß [illegible] wahrnehmen. Vergleicht
man aber die Zusammensetzung der entsprechenden
Verbindungen mit ein und derselben Gewicht der
[illegible] Kalium z. B. der Bernsteinsäure,
so [illegible] er sogleich [illegible]
[illegible] Atomen [illegible] in dem Verhält-
niß von 1 : 1/3 : 1/5 [illegible]. [illegible]
[illegible] die Sauerstoffmengen [illegible]
Chlor [illegible] daß die
[illegible] im Verhältniß von 1 : 3 : 5 : 7.
Es ist hierbei vorläufig ganz [illegible]
[illegible] [illegible]
[illegible]
Zusätzen ca. 731.

[illegible]

[illegible]

[illegible] 350 [illegible]

[illegible] 1294,0 Th [illegible] 350 [illegible]
[illegible]
[illegible] ca.

+ 737

Zersetzungserscheinungen oder Aequivalente. [illegible] der [illegible] Atome [illegible] bis zwei [illegible] mit einander [illegible] kann man sie [illegible] die Gewichtsverhältnisse der Stoffe [illegible] [illegible] Prozeß bilden

3. B.

$$HgO \text{ beim Erhitzen} = Hg + O$$
$$108 = 100 + 8$$

oder

$$3\,MnO_2 \text{ beim Erhitzen} = Mn_3O_4 + 2O$$
$$130{,}8 = 114{,}8 + 16$$

oder

$$MnO_2 + SO_3 = MnO\,SO_3 + O$$
$$\underbrace{43{,}6 + 40}_{83{,}6} = 75{,}6 + 8$$

Die Verbindungsverhältnisse [illegible] [illegible] manchen Beziehungen eine große Rolle. [illegible] bei der [illegible] Auffassung der Stoffe [illegible] [illegible] [illegible] Mengen [illegible] wenn die [illegible] [illegible] einer [illegible]

[illegible] 15/10. 74. [illegible]

Geometrie

nach Wilhelm Reeb.

man kennt, wie wir schon früher sahen
63 Elemente; diese kann man durch [illegible]
darstellen und durch [illegible]
[illegible] ist es nur möglich auf dem [illegible]
[illegible]

N. 20.

Man unterscheidet Säuren u. [illegible]
und die Nichtsäuren zerfallen wieder in [illegible]
[illegible] man, den [illegible] zu den [illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
Wenn wir [illegible]
von Säuren [illegible]
[illegible] durch Säuren [illegible]
Curcuma [illegible]
[illegible]

R. W. Bunsen's
Vorträge
über
anorganische Experimentalchemie.

nachgeschrieben und ausgearbeitet
von

Ferdinand Meder

Heidelberg den 6/1. 1876.

Einleitung.

Alle Körper, welche wir in dem uns umgebenden Raume wahrnehmen, bestehen aus Materie, deren Wesen aber für uns Menschen unergründbar ist. Betrachten wir jedoch diese Materie genauer, so bemerken wir, daß sie verschiedene Arten von Eigenschaften besitzt, die vorerst in zwei große Klassen zerfallen: I in allgemeine Eigenschaften, und

II in spezifische Eigenschaften.

Die allgemeinen Eigenschaften sind solche, die aller Materie in gleicher Weise zukommen, sie sind unzerstörbar und zeigen keine Verschiedenheit, wie: Ausdehnung, Raumerfüllung o. Undurchdringlichkeit, Unzerstörbarkeit, Porosität, Zusammendrückbarkeit, Schwere o. Gravitation und Trägheit od. Beharrungsvermögen. Diese Eigenschaften werden aber nicht in der Chemie sondern in der Astronomie, Physik und Mechanik betrachtet, welche man auch die „exacten Naturwissenschaften" nennt.

Die spezifischen Eigenschaften dienen, um Materie von Materie zu unterscheiden, sie zerfallen wieder
in a. extensive Eigenschaften und
b. molekulare Eigenschaften.

Die extensiven oder auch morphologischen Eigenschaften beruhen auf der äußeren Form des Ganzen und seiner Theile; sie sind zerstörbar. Wenn man z. B. eine Pflanze oder ein Thier zermalmt, zerstößt und zu Pulver zerreibt, so wird kein Mensch mehr im Stande sein zu sagen, was es vorher war; oder zertheilt man ein Stück Granit in so kleine Theile, daß sie dem Auge kaum mehr sichtbar sind, so ist ein solches Theilchen kein Granit mehr, denn wenn man dieses Gestein soweit zerkleinert, kommt man auf seine Bestandtheile zurück und man hat entweder ein Stückchen Glimmer, Quarz oder Feldspath. Mit diesen Eigenschaften beschäftigen sich die „beschreibenden

Naturwissenschaften", wie Botanik, Zoologie, Geologie und Petrographie.

Die molekularen Eigenschaften sind selbständig bleibend bis zu den kleinsten Theilchen und sind unzerstörbar durch bloße mechanische Einwirkungen. Diese molekularen Eigenschaften zerfallen nun selbst wieder in: physikalische Eigenschaften und

chemische Eigenschaften.

Die physikalischen Eigenschaften beruhen auf der Form und Lagerung der Atome und der Körper behält sie bei bis zu den kleinsten Theilchen. Z. B. Steinsalz hat die Form eines Hexaeders und behält beim Zerschlagen diese Form bis zu den kleinsten Theilchen bei; es sind immer sechs Flächen, von denen sich je drei unter einem Winkel von 90° schneiden. Ebenso verhält es sich mit Kalkspath, der in Rhomboëdern krystallisirt und dessen Flächen sich unter einem Winkel von 106° schneiden. Giebt man selbst der Materie eine andere Lagerung der Theile, so wird man dieselbe auch bis zu den kleinsten Theilchen finden. Verdampft man z. B. einen Tropfen Alkohol oder Aether so nimmt die ganze Materie bis zum kleinsten Theilchen diese Lagerung der Theile an.

Die chemischen Eigenschaften wohnen der Materie in verschiedener Form inne, sind von der Form und Lagerung der Theile unabhängig und reichen bis zu den kleinsten Theilchen hinab. Sie sind etwas ganz Ursprüngliches. Z. B. Gießt man auf Marmor und auf Quarz Essig oder irgend eine andere Säure, so sieht man vom Marmor ein Gas aufsteigen, ähnlich dem des Schaumweins; bei Quarz könnte man jedoch niemals diese Erscheinung hervorbringen, weil er die Bedingungen dieses Gases nicht in sich birgt. Platina glüht ohne sich im mindesten zu verändern, Magnesium dagegen verbrennt mit hellleuchtender Flamme und läßt ein weißes Pulver als Residuum zurück.

- Eigenschaften
  - allgemeine.
  - specifische.
    - extensive.
    - molekulare.
      - physikalische.
      - chemische.

Die Gesammtheit der physikalischen Eigenschaften eines Körpers heißt sein physikalisches Verhalten, die der chemischen Eigenschaften sein chemisches Verhalten. Ein Körper, welcher ein bestimmtes chemisches und physikalisches Verhalten zeigt, heißt Substanz, Stoff. Trennt man einen Körper erst durch mechanische, dann durch chemische Mittel bis auf die kleinsten Theilchen in die Stoffe, aus welchen er besteht, so kann dies Verfahren auch wieder auf die jetzt erhaltenen Theile angewendet werden u. s. w. bis man an einen Punkt kommt, wo es nicht mehr möglich ist die Theilchen zu trennen. Solche Stoffe nennt man chemisch einfache Körper, Grundstoffe oder Elemente; im Gegensatz zu denen, welche chemisch zusammengesetzt sind, die man schlechthin zusammengesetzte Körper oder chemische Verbindungen nennt.

Z. B. Jodsäure, eine weiße Substanz zerfällt beim Erwärmen in Jod, eine schwarze, feste Masse, und Sauerstoff, welcher als farbloses Gas entweicht.
Silberoxyd, ein schwarzer Körper liefert beim Erhitzen metallisches Silber, während Sauerstoff entweicht.

Nach dem Vorhergesagten kann man die Aufgabe unserer Wissenschaft, der Chemie, so hinstellen: „Sie beschäftigt sich mit den Molekulareigenschaften der Materie, der Darstellung der einfachen Stoffe aus zusammengesetzten durch Analyse, und der zusammengesetzten aus einfachen durch Synthese, lehrt von den Kräften und Gesetzen von denen die molecularen Eigenschaften beherrscht werden."

Zunächst sind es die einfachen Körper, die man näher in's Auge zu fassen hat. Die Zahl der bis jetzt bekannten Elemente beträgt 63. – Es folgt hier eine Zusammenstellung derselben, wie sie nach der größeren oder geringeren Ähnlichkeit ihrer Eigenschaft gewöhnlich gegeben wird.

a. Metalloide.

1. Sauerstoff = O
2. Wasserstoff = H
3. Chlor = Cl
4. Jod = J
5. Brom = Br
6. Fluor = Fl
7. Schwefel = S
8. Selen = Se.
9. Tellur = Te.
10. Stickstoff = N.
11. Phosphor = P
12. Arsen = As
13. Antimon = Sb.
14. Bor = Bo.
15. Kohlenstoff = C.
16. Silicium = Si.
17. Zirkonium = Zr.

b. Metalle.

1. Natrium = Na.
2. Kalium = K.
3. Caesium = Cs.
4. Rubidium = Rb.
5. Lithium = Li.
6. Magnesium = Mg.
7. Calcium = Ca.
8. Barium = Ba.
9. Strontium = Sr.
10. Erbium = Er.
11. Yttrium = Yt.
12. Cer. = Ce.
13. Lanthan = La.
14. Didym = Di.
15. Thorium = Th.
16. Aluminium = Al.
17. Beryllium = Be.
18. Mangan = Mn.
19. Eisen = Fe.
20. Chrom = Cr.
21. Uran = Ur.
22. Nickel = Ni.
23. Cobalt = Co.
24. Zink = Zn.
25. Indium = In.
26. Thallium = Tl.
27. Blei. = Pb.
28. Wismuth = Bi.
29. Kupfer = Cu.
30. Cadmium = Cd.
31. Quecksilber = Hg.
32. Silber = Ag.
33. Gold = Au.
34. Platin = Pt.
35. Palladium = Pd.
36. Rhodium = Rh.
37. Ruthenium = Ru.
38. Osmium. = Os.
39. Iridium. = Ir.
40. Wolfram = Wo.
41. Molybdän = Mo.
42. Vanadin = Va.
43. Niobium = Nb.
44. Tantal = Ta.
45. Zinn = Sn.
46. Titan = Ti.

Man hat die Elemente in zwei große Klassen getheilt, deren eine man mit dem hergebrachten, doch sehr unzweckmäßigen Namen: „Metalloide" bezeichnet hat, während dem man die andern ganz richtig Metalle nennt. Diese Eintheilung ist jedoch nicht strenge durchzuführen, da sie auf keinem bestimmten Prinzipe beruht, sondern auf dem Vorwalten gewisser Eigenschaften bei der einen, und dem Zurücktreten bei der andern Gruppe. So sind die Metalloide ausgezeichnet durch größere Durchsichtigkeit im festen Zustande. Die Metalle lassen z. B. Au das Licht nur durch, wenn sie in dünnen Schichten vorhanden sind. Ferner sind sie schlechte Wärmeleiter, auch leiten sie die Electricität schlecht, welcher Mangel jedoch bei der Kohle dadurch gehoben wird, daß man sie in Graphit überführt (durch Erhitzen zur Weißgluth bei Luftabschluß) welcher die Electricität gut leitet. Die Kohle nimmt eine vermittelnde Stellung ein, indem sie als Graphit und Holzkohle undurchsichtig ist, als Diamant aber dem Licht ungehinderten Durchgang gestattet, während der Graphit vor den beiden andern Modificationen die Leitungsfähigkeit & den metallischen Glanz voraus hat. Außerdem verhalten sich die Metalloide in Berührung mit Metallen negativ electrisch, während letztere freie positive Electricität annehmen. Auch diese Unterscheidung ist nicht durchgreifend.

Unter den Metalloiden steht oben an der Sauerstoff (Oxygenium), obwohl er seinen Eigenschaften nach am besten beim Schwefel stände. Jedoch ist er aus didaktischen Gründen auch hier an die Spitze der Elemente gestellt, theils weil er in so zahlreichen Verbindungen mit den übrigen Elementen vorkommt, theils weil er der weitaus verbreitetste Körper auf unserem Planeten ist. Er macht 1/5 der atmosphärischen Luft aus, 8/9 des Wassers und 1/2 der gesammten Erdmasse; in Verbindungen im Pflanzen- und Thierreich. Charakteristisch ist, daß er die Verbrennung und den Lebensprozeß bedingt und beschleunigt, daß er ein energisches Bestreben hat sich mit anderen Elementen zu verbinden. In technischer Beziehung ist er bei Ausführung sehr vieler chemischer Prozesse von großer Wichtigkeit. Aus ähnlichen didaktischen Gründen ist hier der Wasserstoff angeführt, der eigentlich unter den Metallen beim Zink seinen Platz hat. Die Natur widerstrebt überhaupt der Einzwängung in die von uns aufgestellten Systeme, so daß man auch in der Chemie den Begriff: Metalloide & Metalle, enger oder weiter ausdehnen mag und man ist nicht im Stande jene beiden Hauptabtheilungen scharf abzugrenzen. Man hat demgemäß auch innerhalb der beiden Gruppen diejenigen Elemente, welche die meiste Ähnlichkeit haben in Gruppen von 3, 4 oder mehr zusammengestellt.
Der Wasserstoff (Hydrogenium) kommt in freiem Zustande sehr selten vor, verbunden mit O. als Wasser im ungeheuren Meere, welches ja 2/3 der Erdoberfläche bedeckt.
Er findet sich fast in allen organischen Verbindungen, & als Wasser vermittelt er durch den ewigen Kreislauf die großartigen mechanischen und chemischen Veränderungen, die auf unserem Weltkörper fortwährend stattfinden. Nebelflecke, welche man in verschiedenen Sternbildern wahrgenommen hat, sind durch Spectralanalyse als H-anhäufungen erkannt worden, & liefern somit den deutlichsten Beweis, daß dieselben Stoffe, welche unser Planet birgt auch im Weltenraum vorkommen. Der H ist äußerlich dem O. sehr ähnlich, unterscheidet sich aber durch eine sehr wesentliche Eigenschaft von diesem; es erlischt nämlich ein brennender Körper beim Eintauchen in H, während er selbst mit schwach leuchtender, aber sehr heißer Flamme verbrennt. Von den in der Reihe der Metalloide zunächst folgenden Elementen bilden die 4: Cl; Br; J; & Fl. eine Gruppe, „Halloide" genannt, welche sehr charakteristische Eigenschaften zeigt. Keines derselben findet sich frei in der Natur, aber wo eines vorkommt erscheinen gewöhnlich auch die übrigen, das Fluor weniger. Am vorherrschendsten ist dann immer

das Chlor vorhanden, dann folgt Brom und zuletzt Jod. Z.B. ist
Brom ein ungetrennlicher Begleiter des Cl im Kochsalz, wenn auch
nur in äußerst kleinen Mengen. Das Chlor, welches
in der Geschichte der Chemie eine sehr große Rolle spielt und
in vielen Verbindungen vorkommt, hat die größte Verbrei-
tung an Na gebunden als Kochsalz NaCl. (Steinsalz.) Das Cl.
ist ein gelblich grünes Gas (daher der Name) von stechendem
Geruch und äußerst giftiger Wirkung beim Einathmen, hat
die Eigenschaft organische Farbstoffe zu zerstören, (ein grünes
Blatt oder eine Blume wird weiß und gelb darin) ebenso
wie die Miasmen. Das Brom, in seinen chemischen
Eigenschaften dem Chlor ähnlich, kommt nie frei vor sondern
meistens gebunden an Na & Mg, im Meere und in der
Soole, sowie auch im Steinsalz. Es bildet eine in dicken
Schichten schwarz scheinende, in dünnen Lagen das Licht
mit rothbrauner Farbe durchlassende Flüssigkeit, die
schon bei niedriger Temperatur, ebenfalls wie das Cl.
einen stechenden, stinkenden Geruch verbreitet, (daher
der Name.) der beim Einathmen giftig wirkt. — Es fin-
det Anwendung in der Photographie, und einige seiner
Verbindungen auch in der Medicin; so verdanken sie
die meisten Mineralwasser ihrem Bromgehalt haupt-
sächlich ihre Wirkung. Ähnlich den beiden genannten ist
das Jod. Von den drei zusammengehörigen Körpern
ist dieser immer in der geringsten Menge vorhanden
er ist bei gewöhnlicher Temperatur fest, metallglänzend
von graphitähnlichem Aussehen, in sehr dünnen Schichten
braun durchscheinend, schmilzt leicht (bei 107°) zu einer
schwarzen Flüssigkeit, welche sich mit prachtvoller vio-
letter Farbe verflüchtigt, und an kalten Körpern
sich wieder in schwarzen Schuppen ansetzt. Es färbt
die Haut und alle organische Substanzen braun, aus-
genommen Stärkemehl, dem es eine schöne blaue
Farbe ertheilt. Innerlich wirkt es wie die andern
giftig. Das Fluor kennt man nur aus seinen Ver-
bindungen, aus welchen man es bis jetzt noch nicht
abzuscheiden vermochte. Es findet sich an Calcium ge-
bunden als Fluorcalcium oder Flußspath, in manchen
Früchten, in den Knochen der Wirbelthiere. Es zeigt
in seinen Verbindung, denen des Cl; Br; & J. sehr
ähnliche Eigenschaften, daß man es in eine Gruppe
mit diesen zusammengestellt hat.

Die nächste Gruppe bilden die drei Metalloide: S; Se;
& Te. welche auch wieder unter sich und in ihren Ver-
bindungen große Ähnlichkeit zeigen. Der Schwefel,
ein bekannter Körper kommt krystallisirt frei in
der Natur vor, als sogenannter gediegener Schwefel,
in der Nähe von Vulkanen, hauptsächlich auf Sicilien

und in Spanien. Der sonst undurchsichtige S. wird in dünnen Schichten gelb durchscheinend; doch kommen auch größere Krystalle vor, welche dem Licht ziemlich ungehinderten Durchgang gestatten. Sein Vorkommen ist viel häufiger in Verbindung mit Metallen und Metalloiden, z.B. als Gyps od. Alabaster (schwefelsaurer Kalk). Seine wichtigste Verbindung ist die mit O. zu Schwefelsäure, welche in der Technik eine so verbreitete Anwendung findet, daß man sagen kann, die Stufe, welche ein Volk in gewerblicher Beziehung einnimmt, läßt sich nach der Fabrikation und dem Verbrauche der Schwefelsäure berechnen. —
Als ständige Begleiter treten an einigen Orten Selen und Tellur auf, aber in äußerst kleinen Mengen. Das Selen ist bei gewöhnlicher Temperatur fest, schwarz, in dünnen Schichten braun, mit rother Farbe durchscheinend. Auf Vulcano wird es öfters dampfförmig angetroffen. Es ist leicht zu erkennen an dem widrigen Geruch nach faulendem Rettig, den es beim Verbrennen entwickelt. —
Das Tellur, in seinem äußeren Habitus einem Metall sehr ähnlich, findet sich in viel größeren Massen auf anderen Planeten, während man es auf Fixsternen nur vermuthet. Als Fundort auf unserem Planeten ist Siebenbürgen bekannt, welches aber auch nur sehr geringe Mengen liefert. Es brennt mit trüber Flamme. (Se & Te kommen noch in sehr geringer Menge in Silber- & Golderzen Ungarns vor & sind schwer rein zu erhalten.)
Ein in der Natur sehr verbreitetes Element ist der Stickstoff, welcher frei in derselben vorkommt, indem er 4/5 der atmosphärischen Luft bildet. In der unorganischen Natur findet er sich nur im Kalisalpeter Atakama's, dagegen ist er ein wesentlicher Bestandtheil der meisten thierischen Körper mit Ausnahme der Fette. Auch in Pflanzenstoffen und im [illegible] kommt er vor; ferner sollen die Nebelflecken, die man am gestirnten Himmel wahrnimmt neben H auch glühenden N enthalten. Ebenso wie O. & H ist er ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas, welches noch nicht condensirt werden konnte, selbst brennt er nicht, verhindert aber auch die Verbrennung. Der Stickstoff geht fast keine directe Verbindung mit den übrigen Elementen ein.
Der Phosphor findet sich in der Natur nur in Verbindung mit O. & als solche hauptsächlich an Kalk und Thonerde gebunden, welche fast in allen Gebirgsarten vorkommen. Das durchsickernde Wasser löst diese Verbindungen auf und führt sie der oberen Schichte der Erdrinde zu, aus welcher die Pflanzen ihre Nahrung nehmen. Dadurch gelangt der P. und zwar

besonders durch die Excretion in dem Organismus der
Thiere, welche ja bekanntlich ihr Knochengerüst größten-
theils aus phosphorsaurem Kalk aufbauen. Aus weißen
gebrannten Thierknochen wird der P. künstlich darge-
stellt. Er zeichnet sich durch seine große Leichtentzünd-
lichkeit aus; durch einfaches Reiben kann er dazu ge-
bracht werden, daß er mit heller Flamme verbrennt,
welche Verbrennung sich aber nicht dem ihn haltenden
Körper mittheilt. Schon bei gewöhnlicher Temperatur
verbrennt er langsam an der Luft; daher muß man
ihn immer unter Wasser aufbewahren. Er ist sehr
giftig. Das Arsen, welches den Metallen sehr ähn-
lich ist kommt gediegen als Scherbenkobalt vor und
ist sehr wichtig durch seine technisch äußerst nutzbaren
Verbindungen, welche zugleich zu den stärksten Giften
gehören, und es wird ihre Analyse bei Vergiftungen
häufig bei Gericht angewandt. Es ist leicht zu erken-
nen an dem knoblauchartigen Geruch, den es beim
Verbrennen verbreitet. Das Antimon kommt
gediegen nur selten vor und ist in seiner Verbindung
en sehr oft, wenn auch nur von kleinen Mengen
es begleitet. Es ist ziemlich lebhaft metallglänzend
und findet in manchen Legirungen, hauptsächlich
mit Blei als Lettermetall eine ausgedehnte technische
Anwendung. — Ein anderes Element, welches in
die Reihe der Metalloide gehört, ist das Bor. In der
Natur kommt es sparsam und nur in Verbindungen
vor. Es ist ein schwarzer Körper, der ohne zu schmelzen
hohe Temperaturen verträgt. Mit O. zu Borsäure (BoO_3)
verbunden findet es sich in kleinen, heißen Seen
Toskanas und an den Rändern der Krater auf Stromboli &
Sicilien sowie in Italien; außerdem bildet sie den
einen Bestandtheil des borsauren Natrons od. Borax
($NaO, BoO_3 + 10 HO$) auch Tinkal genannt in Tibet, und
in manchen Mineralquellen, jedoch nur in sehr ge-
ringen Mengen. Ein sehr wichtiges Element ist der
Kohlenstoff, welcher nicht nur in sehr vielen Ver-
bindungen in der unorganischen Welt vorkommt,
sondern auch die zahllosen Verbindungen bildet, die
eine ganz besondere Wissenschaft, die organische Chemie
für sich allein in Anspruch nehmen. Er kommt frei
in der Natur in drei physikalisch äußerst verschie-
denen Modificationen vor, als Diamant in sei-
ner reinsten Form; als Graphit, welcher rein in
Borrowdale in Cumberland, wohl auch im Ural und
vielleicht in Californien gefunden wird; & als ge-
wöhnliche Holzkohle; diese Eigenschaft, in verschiedenen
Modificationen vorzukommen, nennt man Allotropie.

Das Silicium kommt mit O. verbunden als Kieselsäure (SiO_2) theils frei, theils in Verbindung mit Basen in den Silicaten, d.i. kieselsauren Salzen in sehr großer Menge vor, so daß oft ganze Gebirgsmassen von ihm gebildet werden und es den größten Theil unserer Erdrinde ausmacht. Das Zirkonium, welches äußerst sparsam über unseren Planeten verbreitet ist, stellt ein schwarzes Pulver dar, welches bei Druck zu graphitartigen, etwas metallglänzenden Blättchen vereinigt wird. Es findet sich fast nur als Bestandtheil einiger Edelsteine, wie z.B. im Hyazinth od. Zirkon.

Wollte man nun der größeren Ähnlichkeit ihrer Eigenschaften Rechnung tragend, die Metalle aufzählen, so müßten wir mit Titan u. Zinn beginnen, dann mit Tantal, Niob u.s.w. fortfahren. Allein aus denselben Gründen, welche schon bei Aufzählung der Metalloide geltend gemacht wurden, wird auch hier von dieser Reihenfolge abgesehen, und die in der Tabelle angeführte Ordnung beobachtet. Da nun die Metalloide sowohl als auch die Metalle im speziellen Theile ausführlich behandelt werden sollen, so wollen wir die Betrachtung der Elemente mit einer kurzen Charakteristik der Metalle beschließen.

Das Natrium bildet einen Bestandtheil fast aller Gesteine und ist am meisten als Kochsalz (Chlornatrium) verbreitet. Es hat ein heftiges Bestreben sich mit O. zu vereinigen und muß deshalb unter Steinöl aufbewahrt werden. Auf Wasser geworfen, schwimmt es auf demselben und verbindet sich mit O. welchen es demselben entzieht. Wird es auf der Oberfläche des HO festgehalten, so verbrennt es unter bedeutender Licht- und Wärmeentwickelung; es besitzt Wachsconsistenz. Kalium zeigt dieselben Eigenschaften, nur entzündet es sich schon, wenn es auf Wasser geworfen wird. —
Von Magnesium und Lithium wäre zu sagen, daß das erstere in der Natur stets an O gebunden sehr verbreitet ist. Das Lithium, welches früher für selten gehalten wurde, ist jetzt fast überall, wenn auch nur spurenweise aufgefunden worden, und zeigt ein spezifisch leichteres Gewicht als Kork. Mg. verbrennt mit heller weiß leuchtender Flamme, Li. dagegen mit brillanter, karminrother Flamme. — Die folgende Gruppe hat wieder analoge Eigenschaften und findet sich in der Natur als Oxyde, welche an Säuren gebunden sind. Sie haben meistens gelbe Farbe, sind schwer darzustellen, nur mittels der Volta'schen Säule. Erbium, Yttrium, Cer, Lanthan, Didym u. Thor gehören zu den seltenen, schwer darstellbaren

Metallen. Aluminium ist als Oxyd in Verbindung mit Säuren sehr verbreitet; es wird dann Thonerde genannt und bildet große Erdmassen. In reinster Form findet es sich als Korund, Saphir, Rubin, Demantspath und Smirgel. Es würde in der Technik sehr nutzbare Anwendung finden, wenn man es leichter und billiger darstellen könnte. Es ist duktil. — Das Beryllium hat rein nur theoretisches Interesse. Unter der Zahl der noch übrigen Metalle finden sich die allgemein bekannten, technisch nützlichen Metalle wie: Eisen, Kupfer, Zink, Zinn, Wismuth, Blei, Quecksilber, Silber, Gold und Platin, nebst einigen seltenen nur theoretisch interessanten z. B.: Palladium, Iridium, Ruthenium, Osmium, Rhodium, Indium u. s. w.

Nun drängt sich uns bei dieser Betrachtung die Frage auf, ob die einfachen Körper, die wir bis jetzt als Elemente angenommen haben, wirklich die Grundstoffe sind, aus welchen alle Körper bestehen. 1.) Wir haben kein positives Wissen, daß diese Körper alle chemisch einfache sein; 2.) wir können bloß nachweisen, daß mit den kräftigsten Zerlegungsmitteln, (z. B. einem starken electrischen Strom), welche uns zu Gebote stehen, und mit welchen wir einige früher als Elemente betrachtete Stoffe zerlegt haben, (durch die galvanische Kette gelang es in unserem Jahrhundert die meisten jetzt bekannten Elemente abzuscheiden. Es ist jedoch nicht erwiesen, ob nicht bei weiterem Fortschreiten der Wissenschaft, die bisherigen Elemente sich weiter zerlegen lassen.) nicht im Stande gewesen sind die als Elemente aufgezählten Stoffe in weitere chemisch verschiedene zu zerlegen. Wir können weiter fragen: „Sind das auch alle Elemente aus welchen zunächst unser Planet zusammengesetzt ist, und sind es auch diejenigen, aus welchen die übrigen Körper des Weltalls zusammengesetzt sind?“

Sehen wir uns nun nach den Elementen in der Natur um, so finden wir nur wenige derselben allgemein verbreitet und besonders sind die Metalle an ganz bestimmte Fundorte gebunden. Vor der Hand ist nur die Erdoberfläche das Feld unserer Untersuchungen, und zwar nur ein ganz geringer Theil derselben. 2/3 sind mit ungeheuren Wassermassen, dem Ocean bedeckt, und von dem Theil der Erde, welche unter den Gewässern liegt haben wir nur wenig Kunde, etwa durch Lothversuche, welche aber im Verhältniß zu dem zu untersuchenden Gegenstand verschwindend klein

sind. Das eine Drittel der Erdoberfläche, welches über das Niveau des Meeres herausragt ist wieder an Nord- und Südpol durch ewigen Schnee und Eismassen den Forschungen entzogen, wie auch alle die hohen Berggipfel aus demselben Grund unerforscht sind. Andere große Ländermassen bilden Wüsten, wieder andere sind mit undurchdringlichen Wäldern bedeckt und entziehen so einen großen Theil der Erdoberfläche unserer Untersuchung. Endlich ist die Erdrinde soweit sie uns auch in den tiefsten Bergwerken zugänglich ist ein verschwindend kleiner Theil gegen den inneren Kern unseres Planeten, der unserer Untersuchung ganz entzogen ist. Bei der Betrachtung der Erdoberfläche, soweit sie uns zugänglich ist, können wir drei große Abtheilungen oder Etagen wahrnehmen; 1.) die Lufthülle, welche den Erdkörper überall gleichmäßig umgiebt, 2.) die Wasserhülle, welche die Erde zu 2/3 bedeckt und 3.) die feste Erdrinde, welche in den sich über das Niveau des Meeres erhebenden Landstrichen mit Unterschied zugänglich ist. Zahlreiche und genaue Untersuchungen haben zum Resultat gehabt, daß wir die Zusammensetzung der Atmosphäre als überall constant betrachten müssen. Ob wir am Aequator oder am Nordpol einen Kubikfuß Luft analysiren, immer findet man, daß er aus: O; H; N; & C besteht, und zwar immer in gleichen Verhältnissen, abgesehen natürlich von geringen Beimengungen örtlicher Natur. Fast ebenso gleichmäßig ist die Zusammensetzung der Wasserhülle gefunden worden, was indessen nicht ausschließt, daß auch hier Ausnahmen stattfinden; z.B. an der Mündung von Flüssen. Gerade das Gegentheil findet sich an der Erdkruste, hier zeigen sich bei der Untersuchung die größten Verschiedenheiten, so daß in einem kleinen Raume, die verschiedenartigsten Elemente und Verbindungen angetroffen werden.

Die Untersuchungen der Lufthülle, der Wassermasse und der Erdrinde haben nun gezeigt, daß überall nur diejenigen Elemente vorkommen, welche wir bei Anfang unserer Betrachtungen annahmen. Doch sind diese Stoffe in jenen drei Theilen, die unseren Erdkörper bilden sehr verschieden vorhanden; während die Luft größtentheils nur O. H. N. & C. gleichmäßig vertheilt enthält, so finden sich im Wasser außer O & H aus denen es ja besteht, noch die Hälfte aller übrigen Elemente aufgelöst, und zwar ebenfalls ziemlich gleichmäßig vertheilt. Die Erdkruste aber enthält alle uns bekannten Elemente, jedoch ganz ungleich

vertheilt. Die im Wasser hauptsächlich vorkommenden Elemente sind: „H; O; Cl; Br; J; Fl; S; N; C; P; Si; Bo; As; Zn; Na; K; Mg. Li; Ba; Sr; Ca; Al; Mn; Fe; Cu; Ag; Pb; Cr; Co; Ni;
Es fragt sich nun ob in dem unzugänglichen Innern unserer Erde sich nicht noch andere Elemente vielleicht in sehr großer Menge finden, welche sich unserer Betrachtung entziehen und also unbekannt sind und bleiben müssen. Wir nehmen an, daß unsere Erde, wie überhaupt das ganze Planetensystem, zu dem wir gehören einst im feuerflüssigen Zustande war, und daß die Oberfläche dieser Masse, auf welcher wir leben, eine im Laufe der Zeit erkaltete Kruste ist, welche den jetzt noch feuerflüssigen Kern umgibt. Beobachtungen in Bergwerken haben gezeigt, daß je tiefer man in die Erde hinabsteigt, desto größer die Wärmezunahme ist (die etwa auf 100' = 1° Celsius beträgt). Im Erdinnern, welchem gegenüber die tiefsten Tiefen, in die wir hinabsteigen, ganz verschwindend sind, muß also alles noch in feuerflüssigem Zustand sein, was unwiderleglich durch die thätigen Vulkane bewiesen wird. Auch die heißen Quellen und Geiser geben uns Kunde von den Temperaturen, die im Erdinnern herrschen müssen. Von Zeit zu Zeit entstehen nun in Folge des ungeheuren Druckes, welche die im Erdinnern angesammelten glühenden Gase ausüben, Schlünde und Spalten in der Erdkruste, durch welche dann mit Gewalt ungeheure glühende Massen von Gestein getrieben werden, so daß Steine von der Größe eines Hauses weit emporgeschleudert werden und die Feuersäule der ausströmenden glühenden Gase bis zu einer Höhe von 10,000 Fuß beobachtet worden ist. Meistens sind dann diese Erscheinungen noch von Aschenregen begleitet, die manchmal so mächtig sind, daß ganze Landstriche plötzlich in Einöden verwandelt werden (Pompeji & Herkulanum & Stabiä) Die glühenden Massen bilden nach dem Erkalten die sogenannten Laven, welche als direkte Kunde aus jedenfalls sehr bedeutenden Tiefen des Erdinnern ein schätzbares Material für unsere Untersuchungen abgeben. Diese Laven stimmen nun in qualitativer Hinsicht überein, und es wiederholen sich zwei Zusammensetzungen: die sogenannte „Normal pyroxene" und die „Normal trachytische", in fast allen vulkanischen Gesteinen, mögen sie auch in den verschiedensten Erdtheilen liegen. Wir haben also allen Grund anzunehmen, daß es zwei große Heerde im Innern der Erde giebt, welche in der Zutageförderung ihrer

Gesteinsmassen abwechseln. Es giebt jedoch noch eine Mitte zwischen beiden genannten Systemen: „das Gemischte", und es liegt deshalb die Idee nahe, daß diese beiden Heerde, welche jedenfalls von ungeheurer Größe sind communiciren und unterhalb der Erdkruste sich mischen können. Man hat auch beobachtet, daß ein und derselbe Vulkan einmal von dem einen und ein anderes Mal von dem andern Heerd gespeist wurde, ja manchmal sogar von beiden zugleich. Die Stoffe, welche am hauptsächlichsten in den Laven angetroffen worden sind: Si; Ca; Mg; K; u. Na.

Zusammensetzung der Laven.

Sauerstoffverbindungen.	normal pyroxene.	normal trachytische	Gemischte.
Si.	$a_0 = 0,485$.	$b_0 = 0,767$.	$c_0 = 0,681$.
Al. + Fe.	$a_1 = 0,301$.	$b_1 = 0,142$.	$c_1 = 0,194$.
Ca.	$a_2 = 0,119$.	$b_2 = 0,014$.	$c_2 = 0,043$.
Mg.	$a_3 = 0,069$.	$b_3 = 0,003$.	$c_3 = 0,022$.
K.	$a_4 = 0,006$.	$b_4 = 0,032$.	$c_4 = 0,025$.
Na.	$a_5 = 0,020$.	$b_5 = 0,042$.	$c_5 = 0,035$.
	1,000.	1,000.	1,000.

Entstehung der gemischten Laven.

$a_0 + n(b_0)$
$a_1 + n(b_1)$
$a_2 + n(b_2)$
u.s.w.

Will man nun diese Werthe auf die Einheit bringen, so braucht man sie nur durch $1+n$ zu dividiren. (Werthe a_0, b_0 u.s.w. siehe obige Tabelle.)

$$1 = \frac{1+n}{1+n} = \frac{a_0 + nb_0}{1+n} + \frac{a_1 + nb_1}{1+n} + \frac{a_2 + nb_2}{1+n} + \ldots\ldots$$

$$\frac{a_0 + nb_0}{1+n} = c_0$$

Daß bei den früher ausgeflossenen Gesteinen, also den jetzt erloschenen Vulkanen, dieselben Mischungsverhältnisse stattgefunden haben, wie bei den heute noch thätigen beweisen die Untersuchungen der Laven. Daraus läßt sich mit Sicherheit schließen, daß wir von den Gesteinen einen sehr großen Theil kennen, und daß dieselben Stoffe, welche auf unserer Erdkruste verbreitet sind auch die bestand-

theile des Innern bilden. – Wir können die Gesteine,
aus welchen die Erdrinde besteht in drei Abthei-
lungen bringen, deren erste wir als die der
vulkanischen oder plutonischen bezeichnen wollen.
Beim Erkalten der feuerflüssigen Oberfläche bildeten
sich zuerst diese Massen, welche natürlich kein or-
ganisches Gebilde enthalten. Die Erdoberfläche be-
deckte sich in einer weiteren Zeitperiode als das
Erkalten schon weiter vorgeschritten war, durch
Niederschlag, mit der sie umgebenden Wasserhülle,
deren Wassermassen durch die Einwirkung der
Sonne wieder in Dampf verwandelt wurden,
als Schnee, Hagel oder Regen wieder fielen, so
von den zu Tage liegenden Gebirgsmassen ~~wieder~~
aufgenommen wurden, durch dieselben durch-
sickerten, dabei unter Bildung von Höhlen, Schluchten
und Rinnen dieselben fortwährend mechanisch
veränderten, aber auch chemisch wirkten, so daß
sie mit Kalk, Magnesia, Natron, Silicium (als SiO_2)
beladen als Quellen, Bäche, Flüsse zu Tage kamen.
Es ist klar, daß das so veränderte Gestein eine ande-
re Zusammensetzung zeigt als das plutonische, woraus
es entstanden war und man hat es mit dem Na-
men <u>metamorphisches Gestein</u> belegt. Durch die
Flüsse und Ströme, welche in das Meer einmünden,
wurden diesem unausgesetzt eine Menge der auf-
gelösten Stoffe zugeführt, so daß, weil ja das Wasser
fortwährend verdunstet, eine so concentrirte Salz-
lösung entstand, daß die neu hinzugekommenen
Stoffe nicht mehr aufgenommen werden konnten son-
dern als Bodensätze niederfielen, welche im Laufe
der Jahrhunderte immer höher wurden bis sie das
Meer überragten. Auf dem heutigen Zustande muß
man sich die Alpen, die Karpathen, den Himalaya
so entstanden denken. Diese dritte Art von Gestei-
nen bilden die <u>Sedimentären- oder Flözgebirge</u>,
welche der Hauptmasse nach aus Kalk bestehen, und
es ist einleuchtend, daß in ihnen Versteinerungen
organischer Wesen gefunden werden können, wie
es auch in all diesen Gebirgen der Fall ist. Diese Ge-
steine können, weil sie alle aus demselben Mate-
rial entstanden sind natürlich nur dieselben Be-
standtheile, wenn auch in veränderter Form u. Zu-
sammensetzung enthalten. Es frägt sich nun
wo die vielen anderen in der Tabelle angeführten
Elemente sich finden, da die oben betrachteten Gestei-
ne aus einer nur geringen Menge derselben be-
stehen. Wir können diese Frage damit beantworten,

daß es nur an der Unzulänglichkeit unserer Mittel liegt, daß wir diese Elemente, welche aber nur in sehr kleinen Mengen vorkommen, nicht überall auffinden können. Zur Nachweisung von 0,000001 gr. einer Substanz, giebt uns das in neuerer Zeit aufgefundene Verfahren der Spectralanalyse die Mittel an die Hand, so daß z. B. Lithium, welches früher für sehr selten gehalten wurde, jetzt fast überall, wenn auch nur spurenweise entdeckt wird. Die chemischen Prozesse zur Darstellung und Bestimmung dieser in so kleinen Mengen vorkommenden Elemente könnten wir in unseren Laboratorien theils schwer, theils gar nicht ausführen. Die Natur hat aber hier selbst für uns vorgearbeitet, wie aus Nachstehendem leicht ersichtlich ist. In Folge der vulkanischen Ausbrüche und der mit diesen verbundenen Hebungen und Senkungen, bilden sich Spalten, in denen die seltensten Substanzen sublimiren, wenn sie durch die ungeheuren Temperaturen, welche die feuerflüssigen Gesteine beim Durchdringen durch die Erdkruste an die nächste Umgebung abgeben, in Dampf verwandelt wurden. Die so entstandenen Absätze nennt man _plutonische Gänge_. Zu solchen Vorgängen gehören aber ungeheure Temperaturen, unendliche Zeiträume und große Mengen Material, drei Mittel, von denen keines dem Menschen zu Gebote steht. Durch den Kreislauf des Wassers bilden sich, natürlich in großen Zeiträumen, ebenfalls Gänge, in welchen sich gerade wie in den plutonischen, ebenfalls seltene Substanzen aus concentrirten Lösungen absetzen. Diese nennt man _neptunische Gänge_. Beide können sich abwechselnd ersetzt haben; es können in einem plutonischen Gang durch das Wasser Substanzen gekommen sein, welche man eigentlich in einem neptunischen suchen sollte und umgekehrt können auch durch Eindringen von feuerflüssigen Massen, fremde Bestandtheile in neptunische Gänge gelangen; in beiden Fällen nennt man sie dann _gemischte Gänge_. So verfährt die Natur im Großen nach denselben Methoden, die auch wir im Kleinen in den Laboratorien anzuwenden pflegen: Sublimation, Auflösung u. Krystallisation.

Fassen wir das bisher Gesagte zusammen, so können wir die Frage, ob wir alle Elemente kennen, die unseren Erdkörper zusammensetzen, fast mit voller Sicherheit bejahend beantworten. Wo die Wasserhülle mit der Gashülle, wo die

feste Hülle mit der Wasser- und Gashülle in Berühr-
ung ist, bilden sich charakteristische Verbindungen,
welche der organischen Natur angehören. Als eigen-
thümliche Bestandtheile derselben finden sich nur
sehr wenige Elemente, hauptsächlich die der atmos-
phärischen Luft: O. H. N außer diesen noch C, welche
aber mehr Verbindungen untereinander bilden,
als sämmtliche andern Elemente. Es bleibt nun
noch die Frage zu beantworten, aus welchen Ele-
menten die andern Planeten unseres Systems
zusammengesetzt sind, aus welchem Material
die Fixsterne und endlich die Nebelflecke bestehen,
welche, Nebelmassen in unendlicher Entfernung
im Weltenraume schweben, und mit den stärksten
Fernrohren theils in einen Haufen von Sternen
theils sich aber gar nicht auflösen lassen. Früher
konnte man nun diese Frage nur durch die Unter-
suchung der Meteorsteine herantreten. (Es sind dies
die Trümmer eines Weltkörpers, der seine Bahn im
Universum beendet hat, welche eine derartige
Flugbahn um die Sonne beschreiben, daß ein Brenn-
punkt der Ellipse in den Mittelpunkt unserer Erde
fällt, sie müssen dann nothwendig zweimal jähr-
lich die Erdbahn durchschneiden. — Diese beiden
Zeitpunkte sind gekennzeichnet durch starken Stern-
schnuppenfall.) Man sieht die Meteoriden oft schon
auf eine Entfernung von 20 Meilen mit sehr großer
Geschwindigkeit (mehrere Meilen in der Secunde) auf
uns zukommen. Sobald sie in die Lufthülle eintre-
ten gerathen sie durch die starke Reibung, welche
in Folge ihrer ungeheueren Geschwindigkeit von der
sie umgebenden Lufthülle entsteht, in Gluth, und
verbreiten einen starken Lichtglanz. Man hat be-
rechnet, daß 2-3% der dabei entwickelten Wärme
hinreichen würden um den Körper erglühen zu
machen. Durch den bedeutenden Temperaturunter-
schied zwischen der Oberfläche und dem Kern, zer-
springen sie gewöhnlich in Stücke und die äuße-
re flüssige Masse wird durch den Luftzug abge-
streift, woraus der leuchtende Schweif entsteht,
welchen sie hinter sich ziehen. Sie fallen mit großer
Gewalt auf die Erdoberfläche und bohren sich oft
tief in den Boden ein. Manchmal fallen sie in
solcher Menge, daß sie einen wahren Steinregen
bilden. In diesen Meteoren hat man, wie aus
der beigefügten Tabelle ersichtlich ist keine anderen
Elemente gefunden, als die, welche wir auch auf
der Erde haben.

In Meteoren aufgefundene Elemente sind: O. S. P. C. Si. Na. K. Li. Mg. Ca. Al. Mn. Fe. Cr. Co. Ni. Cu. Sn. Ti.

In Bezug auf die Meteore sei noch bemerkt, daß sie nicht ursprünglich unserem Sonnensystem angehört haben können, da sie sich in umgekehrter Richtung wie unsere Planeten um die Sonne bewegen. Dasselbe gilt auch von den Kometen, die in naher Verwandtschaft zu diesen stehen. Was die Planeten anbetrifft, so können wir mit Hülfe der Spectralanalyse jetzt viel eher an die oben gestellte Frage herantreten, als es vor der Erfindung derselben möglich war. Von den schon erkalteten können wir natürlich kein Spectrum erhalten und daraus nur schließen, daß einzelne Elemente auf denselben nicht vorkommen wie z.B. Li u. Cr. auf dem Monde. Bei noch im glühenden Zustande sich befindenden Sternen, wie z.B. der Sonne und einigen andern, können wir eine Menge Stoffe nachweisen, welche in den Meteoriten sowohl als auch auf den Fixsternen und auf der Erde zu den verbreitetsten gehören. Die Stoffe sind hauptsächlich Na; K; u. Mg. Merkwürdiger Weise finden sich auf den Fixsternen Stoffe, die auf unserer Erde selten sind, in ungeheurer Menge, wie z.B. Bi u. Te. dagegen soll das Na vielen Fixsternen fehlen. Wir haben ebenfalls auf spectralanalytischem Wege gefunden, daß unsere Sonne eine Wasserstoffatmosphäre besitzt, während der Mond einer solchen vollständig entbehrt. Die Nebelflecken sind wie oben schon bemerkt wurde entweder Haufen von Sternen, oder wenn sie mit Fernrohren nicht auflösbar sind, so bestehen sie aus Gasanhäufungen, besonders von N u. H, die sich in glühendem Zustande befinden. Die vielen kleinen, schwer zu untersuchenden Planeten enthalten C u. H.

Aus diesen Betrachtungen können wir nun den Schluß ziehen, daß (natürlich mit Rücksicht auf die uns zu Gebote stehenden Zerlegungsmittel) dieselben Elemente, die unsere Erde zusammensetzen, auch diejenigen sind, welche die andern Weltkörper, so weit sie unseren Beobachtungen zugänglich sind, bilden.

Anknüpfend nun an die früher schon kurz betrachteten physikalischen Eigenschaften der Elemente, wollen wir einige derselben in's Auge fassen, welche, wenn auch nicht allen, so doch

teilen derselben allgemein sind. Es fällt dabei auf, daß die unter dem Namen „Metalloide" zusammengestellten Elemente meist die Wärme viel schlechter leiten als die Metalle; es giebt aber auch unter den Metalloiden sehr gute Wärmeleiter, wie z.B. C. in der Modification als Graphit. Die Fähigkeit der Wärmeleitung beruht demnach auf der Lagerung der kleinsten Theilchen, denn wenn wir Holzkohle, die ein schlechter Wärmeleiter ist, durch starkes Erhitzen in Graphit umwandeln, so ändern wir die Lagerung der kleinsten Theilchen, und machen dadurch einen schlechten Leiter der Wärme (absolute Nichtleiter giebt es nicht.) zu einem guten Leiter. In mancher Beziehung zu dem Vermögen der Wärmeleitung steht die Leitungsfähigkeit für Electricität, so daß so ziemlich diejenigen Körper, welche oben an in der Tabelle stehen schlechte, die weiter unten stehen immer bessere Leiter der Electricität und der Wärme sind. In Bezug auf das electrische Verhalten nennt man die Metalloide auch „Anionen" und die Metalle „Kationen", denn erstere scheiden sich am positiven, letztere dagegen am negativen Pole einer electrischen Kette ab & da der electropositive Pol einer Batterie „Anode" der negative aber „Kathode" genannt wird, so hat man hiervon obige Namen abgeleitet. Leitet man z.B. durch eine Lösung von CuO, SO_3 einen electrischen Strom gehen so scheidet sich am + Pole O. und am negativen Pole Cu. aus, während die frei werdende SO_3 unverändert in der Lösung bleibt und nur noch zur Erhöhung ihrer Leitungsfähigkeit beiträgt. Bestehen die Electroden (d.h. Polenden der Kette) aus edlem Metall, z.B. Platin, so entweicht O. in kleinen Gasblasen, während Cu. sich als feiner Überzug auf die Kathode niederschlägt. Jedes andere als edle Metall wird von dem O. in statu nascendi angegriffen und man erhält statt des Gases eine Oxydschicht auf der Anode, wodurch der Strom dann nach und nach geschwächt und zuletzt ganz aufgehoben wird.

Eine andere physikalische Eigenschaft der Elemente ist die Durchsichtigkeit. Zur Prüfung bringt man ganz dünne Schichten gewisser Glimmerblättchen und beobachtet dann ob sie irgend welches Licht durchlassen. Man sagt nun, daß dies auch ein Unterschied zwischen Metalloiden und Metallen sei, dies ist jedoch gänzlich unrichtig, denn an manchen Metallen ist bis jetzt die Durchsichtigkeit nachgewiesen worden (z.B. an Gold.) und es ist leicht möglich, daß noch viele andere es auch sind wenn man sie nur in hinreichend dünnen Schichten der Untersuchung unter-

wirkt.

Sn. & Zn. vollständig undurchsichtig.
S. mit gelbem Licht durchsichtig.
Se. " rothem " " "
J. " braunem " " "
Au " bläulichem " " " .

Außer diesen Eigenschaften sind es die electrischen Erscheinungen, nach deren Vorhandensein in größerem oder geringerem Maaße man die Elemente aneinander gereiht hat. Bringt man nämlich 2 Elemente in Berührung, so tritt die Erscheinung ein, daß die Electricität, die jedem Körper innewohnt, geschieden wird, in der Weise, daß der eine nur positive, der andere nur negative Electricität enthält. z. B.

− J   + Pt   ohne Berührung   J.   Pt.

Man kann nun die Anordnung der Körper so folgen lassen, daß die electronegativen Elemente die Reihe beginnen, die electropositiven sie schließen.

Electrochemische Spannungsreihe.

−					
O.	Zr.	Ru.	Sn.	Yt.	K.
Fl.	Bo.	Ir.	H.	Er.	Rb.
Cl	C.	Ag.	Zn.	Ce.	Cs.
Br	Mo.	Pd.	In (?)	Di.	+
J.	Wo.	Au.	Tl. (?)	Th.	
S.	Os.	Cu.	Al.	La.	
Se.	Ti.	Fe.	Be.	Mg.	
Te.	Nb.	Hg.	Ni.	Ca.	
N.	Ta.	Sb.	Co.	Sr.	
P.	Va.	Bi.	Mn	Ba.	
As	Pt.	Pb.	Cr.	Li.	
Si.	Rh.	Cd.	Ur.	Na.	

In dieser electrischen Spannungsreihe wird jedes Element, wenn es mit einem über ihm stehenden in Berührung kommt positiv electrisch, wird es dagegen mit einem unter ihm stehenden in Berührung gebracht, so wird es negativ electrisch.

Es hat sich nun eine wichtige Beziehung zwischen dem electrischen Verhalten und der chemischen Verwandtschaft der Stoffe herausgestellt, nämlich daß je weiter zwei Körper in der electrischen Spannungsreihe auseinander stehen desto größer ihr Bestreben ist sich chemisch zu verbinden. Unter den Elementen ist

der Sauerstoff der electronegativste Körper, der electropositivste dagegen das Cäsium. Die Verwandtschaften beider sind so stark, dass es erst in neuerer Zeit gelungen ist die beiden Stoffe zu trennen, was immer noch seine großen Schwierigkeiten hat.

Wie die Elemente, so werden auch die zusammengesetzten Körper, in zwei Abtheilungen gebracht, jedoch nur nach dem electrischen Verhalten, da Durchsichtigkeit & Leitungsvermögen hier noch weniger geeignet sind als bei den Elementen. Man nennt diejenigen zusammengesetzten Körper, die in Berührung mit andern negativ electrisch werden, „Säuren“ im Gegensatz zu denen, die positiv electrisch werden, welche man „Basen“ nennt. Man hat auch hier, wie bei den Elementen eine Spannungsreihe aufgestellt, die jedoch, gleichwie bei den einfachen Körpern nicht absolut genau ist. Bei den zusammengesetzten Körpern ist die ganze Eintheilung schon wegen der Übergänge nicht durchgreifend, denn wir finden Körper, die weder den Charakter einer Säure noch den einer Basis tragen; sie liegen in der Mitte der Reihe und heißen „neutrale Verbindungen“. So das Wasser, welches aber trotzdem bisweilen die Stelle einer Säure oder einer Basis vertritt. Ebenso schwankend ist der Charakter anderer Verbindungen z. B. der des Aluminiumoxyds u. s. w.

Hand in Hand mit dem electrischen Verhalten der Verbindungen geht die Eigenschaft derselben, gewisse Pflanzenfarben zu verändern. So verwandeln Säuren blauen Lackmus in rothen, röthen ebenfalls den blauen Farbstoff des Blaukohls und der Veilchen. Die Basen dagegen stellen die blaue Farbe des Lackmus wieder her, während sie die Farbe des Blaukohlsaftes in grün verwandeln. Doch ist die Einwirkung nicht auf diese beiden Farbstoffe beschränkt. (Curcuma) Viele Verbindungen üben jedoch gar keine Wirkung aus und dies sind dann die neutralen Körper. Der Bequemlichkeit wegen tränkt man Filtrirpapierstreifen mit den verschiedenen Stoffen und beurtheilt nach ihrem Verhalten beim Eintauchen in die Flüssigkeiten den Charakter derselben. Es sei hier noch ein Versuch beschrieben, welcher sowohl den Charakter in Bezug auf Electricität, als auch in Bezug auf Säuren oder Basis (einer Verbindung zeigt. Wir haben eben gehört, in welcher Weise Basis und Säuren auf Pflanzenfarben einwirken, daß dies Verhalten zu ihrer Erkennung nun benützt werden kann. Wenn wir daher ein aus beiden zusammengesetztes Salz

z. B. Arsenigsaures Baryumoxyd, welches eine Doppelverbindung von Baryum und Sauerstoff, und Arsenik mit Sauerstoff ist, in wässriger Lösung der Einwirkung des electrischen Stromes aussetzen (der wie wir früher erwähnten häufig zersetzend wirkt), so muß, wenn wir die Lösung vorher mit dem Saft des blauen Kohles gefärbt haben, die Seite, an welcher sich die Säure abscheidet roth, die andere durch die Basis grün gefärbt werden. Nun ist es bekannt, daß Körper von gleicher Electricität sich abstoßen, solche von entgegengesetzter sich anziehen; es muß daher die negative Säure und die positive Basis, jene an dem positiven diese an dem negativen Pole abgeschieden werden was sich an der Färbung leicht erkennen läßt, besonders, wenn man die Pole durch eine Scheidewand getrennt hat, die den Austausch der Stoffe erlaubt, während sie das Mischen der Flüssigkeit verhindert. Nimmt man, nachdem die Einwirkung des Stromes beendigt ist, die Scheidewand heraus und mischt die Flüssigkeit, so wird die ursprüngliche blaue Farbe wieder hergestellt, d. h. Säure und Basis verbinden sich wieder zu einem neutralen Salz.

− +
BaO. AsO_2
grün. roth.

Nach dieser allgemeinen Einleitung wollen wir uns unserer eigentlichen Aufgabe zuwenden, die wie vom Eingange angezeigt worden ist, in der Betrachtung der *physikalischen* und *chemischen* (molekularen) Eigenschaften der Naturkörper besteht zwar wollen wir zunächst die physikalischen in's Auge fassen.

Unter diesen tritt uns am augenfälligsten der verschiedene *Aggregatzustand* der Körper entgegen. Wir verstehen darunter die Art der Anordnung der kleinsten Theilchen in Bezug auf ihren Zusammenhang, je nach dessen Verschiedenheit uns ein Körper als fest, flüssig oder gasförmig erscheint. Ein Körper ist *fest*, wenn die Anziehung der kleinsten Theilchen so groß ist und ihre Berührung so innig ist, daß der Körper, sich selbst überlassen, seine Gestalt nicht ändert. Bei dem *tropfbar-flüssigen* Zustande ist die Anziehung zwischen den einzelnen Theilchen so gering, daß der Körper stets die Form des Gefässes annimmt, indem er sich befindet, während er freischwebend Kugelgestalt annimmt. Der dritte Zustand, der *gasförmige*, ist dadurch charakterisirt, daß die kleinsten Theilchen des Körpers, der in ihm sich befindet, das Bestreben haben, sich so weit als möglich von einander zu entfernen, so daß sie

sich nicht nur nicht anziehen, sondern sogar abstoßen.

Wir sind im Stande die meisten Körper durch Zuführen oder Entziehen von Wärme, in jeden der drei Aggregatzustände überzuführen. Erhitzen wir z. B. ein Stück Schwefel in einem Probierröhrchen über der Gasflamme so wird nach kurzer Zeit die feste, spröde Masse desselben flüssig, und zwar geschieht das Übergehen von dem einen Zustand in den andern bei ein und demselben Körper stets bei derselben Temperatur, vorausgesetzt, daß die Momente von denen der Schmelzpunkt abhängt dieselben sind.

„Der Schmelzpunkt hängt ab:

1. von der chemischen Natur des Körpers;
2. von der physikalischen Natur oder von der Form und Lagerung der kleinsten Theilchen;
3. von dem Druck, der auf die schmelzende Substanz ausgeübt wird.“

Dem ersten Punkt zufolge hat jeder Körper einen bestimmten Schmelzpunkt, der wenn die physikalische Natur des Körpers und der Druck gleichbleibend unveränderlich ist. Beim Schwefel liegt der Schmelzpunkt bei 1. Atmosphärendruck bei 111,5 °C. Phosphor schmilzt unter gleichen Bedingungen stets bei +44 °C. Ändert man aber seine physikalische Natur, indem man ihn in amorphen Phosphor überführt (durch anhaltendes Schmelzen bei 250° unter Luftabschluß) so schmilzt er nunmehr erst bei über 250 °C. So hat der Phosphor der Veränderlichkeit seiner physikalischen Eigenschaften halber zwei Schmelzpunkte. Der Druck der Atmosphäre hat auf den Schmelzpunkt nur so geringen Einfluß, daß wir ihn ganz außer Acht lassen dürfen, wie aus folgender Tabelle leicht ersichtlich ist.

Druck in Atmosphären	Schmelzpunkte von: Wallrath		Wachs		Schwefel	
1.	51,1	8,9°	64,7	10,0°	111,5	23,7°
520.	60,0	20,2°	74,7	5,5°	135,2	5,3°
793.	80,2		80,2		140,5	

Man sieht hieraus, daß bei 500fachem Druck der Schmelzpunkt um 10° höher rückt, das macht für 1. Atmosphäre 1/50° und da die Atmosphäre nur Schwankungen von höchstens 1/3 erleidet, so beträgt der Fehler höchstens 1/150°, eine Größe die wir zu messen nicht mehr im Stande sind. Der Schmelzpunkt ist ein sehr charakteristisches Erkennungsmittel, und deshalb sehr wichtig für den Chemiker, der daher mit der Methode der Bestimmung desselben sehr genau bekannt sein muß. Die folgende Tabelle zeigt auf den ersten Blick

ein sehr wichtiges Unterscheidungsmittel der Schmelzpunkt sein muß.

Es schmilzt			
Es schmilzt	Ag	bei	+ 1000°
	Zn	"	" 423°
	Se	"	" 217°
	S.	"	" 111,5
	Eis	"	" 0°
	Br	"	− 25°
	Hg	"	− 39°.

Außer der Eigenthümlichkeit, stets bei einer bestimmten Temperatur flüssig zu werden, besitzen die Körper noch eine andere merkwürdige Eigenschaft: So lange nämlich noch ungeschmolzene Massen vorhanden sind, wird alle zugeführte Wärme zum Ändern des Aggregatzustandes derselben verbraucht, so daß der bereits flüssig gewordene Theil immer die Temperatur des Schmelzpunktes hat, wogegen die Temperatur sofort steigt, wenn die Überführung der ganzen Masse vor sich gegangen ist; hierauf ist bei der Schmelzpunktbestimmung wohl zu achten. Wollten wir denselben so bestimmen, daß wir in ein Gefäß Stücke des auf seinen Schmelzpunkt zu prüfenden Körpers brächten und dann erhitzten, so würde leicht der Fall eintreten, daß ein Theil der geschmolzenen Masse, der sich isolirt von dem noch festen, auf dem Boden angesammelt hat, höher erhitzt würde, und die von ihm aufsteigenden Dämpfe in Folge ihrer größeren Wärme das Thermometer so hoch steigen ließen, daß wir ein sehr ungenaues Resultat erhielten. Diesem Übelstand wird abgeholfen, indem man in die bereits flüssige Masse ein Thermometer bringt, erkalten läßt und dann erst mit der Bestimmung beginnt. Dann muß das Resultat, da die Masse das Gefäß gleichmäßig erfüllt und das Thermometer überall umgibt, ein sehr genaues sein, besonders wenn das Abschmelzen dann bei recht niedriger Temperatur geschieht.

Hat man von der betreffenden Substanz nur eine kleine Menge zur Verfügung, so kommt die folgende Methode zur Anwendung. — Man bringt die Masse in ein Kapillarröhrchen und schmilzt dieses zu, befestigt nun dieses an der Kugel eines Thermometers mittels eines Stückchen Kautschukschlauch. Bringt man nun das Ganze in heißes Wasser, dessen Temperatur man am Thermometer abliest, so wird der Stoff schmelzen, beispielsweise bei 60°. Bringt man ihn nun in kaltes Wasser, so wird er z. B. bei 22° wieder fest werden, es liegt dann der Schmelzpunkt zwischen 60 & 22°; nun wiederholt man das wechselweise Eintauchen in warmes

und kaltes Wasser, indem man durch Mischen beider jenes
immer kälter, dieses wärmer macht, bis die Tempera-
turen des Schmelzens in der einen & des Erstarrens in der
andern Flüssigkeit einander so nahe gerückt sind, daß das
Mittel daraus als Schmelzpunkt angenommen werden
kann. Bei der Bestimmung des Schmelzpunktes ist
außerdem auch Form und Stoff des Gefäßes zu achten,
weil die Anziehungskräfte (Capillarkräfte), wenn sie
größer sind als die Anziehung zwischen festem Körper
und flüssigem derselben Art (welche dieselbe ist wie zwischen
festem & festem derselben Art) eine Spannung bewirken
welche einem größeren äußeren Druck in ihrer Wir-
kung gleich kommt, und also den Schmelzpunkt erhöht;
eine Erscheinung, die man *Überschmelzung* genannt
hat. Schmilzt man z. B. schwefligsaures Natron in einem
Probiröhrchen längere Zeit, so wird die Masse über die Tem-
peratur ihres Schmelzpunktes erhitzt werden und auch beim
Abkühlen auf 20° noch flüssig bleiben, weil die durch Aus-
strahlung verloren gehende Wärme, durch die ersetzt wird,
welche sie über dieses aufgenommen hatte. Stellt man
aber durch Hineinwerfen eines festen Stückchens der-
selben Masse den normalen Druck wieder her, so erstarrt
sie unter Abgabe von Wärme, die beim Übergang vom
Flüssigen in den festen Zustand erzeugt wird wie
beim entgegengesetzten Übergang Wärme verbraucht wird.
Man verhindert die Überschmelzung indem man ver-
fährt wie bei der ersten Methode der Auffindung des
Schmelzpunktes angegeben wurde, denn in diesem Falle
schmilzt der Körper in einem Gefäß aus seinem eige-
nen Stoff. Dem Schmelzpunkt analog ist der *Erstarrungs-
punkt*. Ein flüssiger Körper nimmt, wenn er ab-
gekühlt wird, bei derselben Temperatur, bei welcher
er flüssig wurde, wieder feste Gestalt an. Hier fin-
det eine der Überschmelzung analoge Erscheinung statt, die
mit dem Namen *Überfrierung* belegt hat; (ob diese Bezeich-
nung genau richtig sein dürfte, ist noch dahinzustellen.)
Vollkommen Wasser, wenn es nicht im mindesten bewegt
ist bis zu −3° abgekühlt werden ohne zu erstarren
während es sich dann bei der geringsten Erschütterung
in Eis verwandelt.

c. Heizen wir nachdem die ganze Masse eines
Körpers geschmolzen ist mit Erhitzen fort, so steigt
seine Temperatur wieder bis sie an einem bestimmten
Punkte wieder constant wird; dieser Punkt heißt
Koch- oder *Siedepunkt*. Der Kochpunkt hängt von
denselben Factoren ab wie der Schmelzpunkt, so daß
jeder Körper unter gleichen Bedingungen immer
einen bestimmten, ihm eigenthümlichen Kochpunkt
hat, der aber viel bedeutender von dem Druck be-

beeinflußt wird als der Schmelzpunkt, so daß wir hier auch diesen Faktor berücksichtigen müssen. Nachfolgende Tabellen zeigen in welcher Weise der Druck auf den Kochpunkt von Einfluß ist.

Siedepunkt des Wassers	
bei 1 Atmosph. Druck	= 100°.
" 2 " "	= 120°,4.
" 4 " "	= 145°4
" 10 " "	= 181°,6.
" 20. " "	= 214°,7.
" 50. " "	= 265,9

Siedepunkte.	
Hg.	= 350.°
S.	= 447°,5
P.	= 290,°
J.	= 175°
HO.	= 100°
Alkohol.	= 78°,4.

Auch hier hat man die Capillarkräfte der Gefäßwandungen in Rechnung zu ziehen, so daß wir nicht etwa das Thermometer in die kochende Flüssigkeit stellen dürfen, sondern wir bringen es in die aufsteigenden Dämpfe, welche sich an demselben, da sie fortwährend durch Ausstrahlung Wärme verlieren, zur Flüssigkeit verdichten. Da nun wie Schmelzpunkt und Erstarrungspunkt, so hier Kochpunkt und Condensationspunkt bei einer Temperatur liegen, so wird der sich condensirende Dampf, dem Thermometer genau die Temperatur des Kochpunktes mittheilen. „Der Siedepunkt eines Körpers ist die Temperatur, bei welcher die Spannkraft seiner Dämpfe dem auf ihm lastenden Drucke das Gleichgewicht hält". Auch hier bringen die Capillarkräfte einen Zustand hervor den man das <u>Überkochen</u> nennt. Kocht man eine Flüssigkeit längere Zeit, so daß die Luft gänzlich ausgetrieben ist, so ist sie über ihren Kochpunkt erhitzt. Nimmt man sie nun vom Feuer und wirft ein Stückchen Glas oder Kohle hinein, so wird sie für einen Augenblick wieder aufkochen.

Da der Druck auf den Kochpunkt eines Körpers von bedeutendem Einfluß ist, so kann man dadurch auch Körper, welche die gewöhnlichen Umständen als Gase vorkommen, mittels Druck in flüssige, ja sogar in feste Körper verwandeln, um letzteres aber zu erreichen muß man gewöhnlich noch Temperaturerniedrigungen anwenden; z. B. CO_2. Solche condensirte Körper, wie man sie auch nennt, haben dann gewöhnlich in ihrem andern Aggregatzustand ganz verschiedene Eigenschaften. Nachdem wir die Kräfte, von denen der Aggregatzustand der Stoffe abhängt, kennen gelernt haben, und die Gesetzmäßigkeiten, welche bei dem Übergehen aus dem einen Zustand in den andern auftreten, kennen gelernt haben, wollen wir von den Eigenschaften reden, welche

die Körper in jedem der drei Aggregatzuständen besitzen. Was zunächst die festen Körper anlangt, so sind diese entweder *amorph*, d. h. ohne bestimmte, von mathematischen Figuren begrenzte Gestalt, oder *krystallisirt*, und zwar kann weitaus der größte Theil der Stoffe in Krystallen auftreten. Unter einem Krystall verstehen wir nämlich einen von einer bestimmten Zahl, unter bestimmten Winkeln zusammenstoßenden, ebenen Flächen begrenzten Körper. Man hat nach dem Verhältniß der drei Hauptdimensionen und der Lage der diesen entsprechenden Achsen für die Formen 7 Krystallsysteme aufgestellt, deren Betrachtung das Gebiet einer eigenen, kleinen Wissenschaft, der *Krystallographie* zufällt. Da wir im Allgemeinen uns nicht ganz scharf an unser Thema gehalten haben, so sei auch hier noch eine kleine Abschweifung erlaubt, die dazu dienen soll die Krystallsysteme und die hervorragendsten krystallographischen Gesetzmäßigkeiten in einem kurzen Überblick zu geben.

das I System ist das *Tesserale-System*, mit drei gleichen, auf einander senkrecht stehenden Achsen.

das II ist das *Tetragonale-System*, mit drei auf einander senkrecht stehenden Achsen, von denen die eine, die Hauptachse, größer oder kleiner als die beiden andern sein kann.

das III ist das *Rhombische-System*, mit drei ungleichlangen, aber senkrecht aufeinander stehenden Achsen.

das IV ist das *Monokline-System*, mit drei ungleichlangen Achsen von denen die eine schief ist.

das V ist das *Dikline-System*, mit drei ungleichlangen Achsen, von denen zwei schief sind.

das VI ist das *Trikline-System* mit drei ungleichlangen Achsen, von denen keine die andern unter rechten Winkeln schneidet.

das VII ist das *Hexagonale-System* mit drei gleichen Neben= und einer größeren oder kleineren Hauptachse, welche die drei andern unter rechten Winkeln schneidet; die Nebenachsen schneiden sich unter Winkeln von 60°. Dieses letzte System ist aufgestellt worden, um dem Symmetriegesetz Genüge zu leisten. Wir beobachten an manchen Krystallen daß sie nicht unregelmäßig ausgebildet sind, und man ist leicht geneigt zu glauben, daß die oben in den Systemen angegebenen Verhältnisse nicht sehr constant wären, doch dies ist nicht der Fall, da es auf Ausdehnung & Gestalt der Flächen gar nicht ankommt, sondern ausschließlich auf die Winkelverhältnisse, die nur sehr unerheblichen Schwankungen unterworfen sind weshalb man sie denn auch als constant annimmt.

Ein Hauptgesetz der Krystallographie ist, daß bei Combinationen von mehreren einfachen Krystallkörpern, an gleichwerthigen Axenenden sich immer gleichartige Flächen symetrisch anlegen. Bei allen Systemen mit Ausnahme des tesseralen können die Haupt- sowie auch die Nebenaxen variiren, so daß man genöthigt ist eine Grundform anzunehmen, von der alle andern abgeleitet werden, und zwar durch Multiplication der Axen mit kleinen rationalen Zahlen; irrationale Verlängerungen kommen nicht vor. z. B.

(a) $Cx = 2\,CB.$ oder
$Cx = 3\,CB.$ oder
$Cx = 4\,CB.$

also 1. 2. 3. 4 mal. CB. ect.

$$\frac{BC}{AC} = \text{tang. } \alpha.$$

$$\frac{Cx}{AC} = \text{tang. } \beta.$$

$$\text{tang. } \beta. = \frac{n.\,BC}{AC}.$$

Eine merkwürdige Eigenschaft mancher Körper ist die Fähigkeit in 2 ja sogar 3 verschiedenen Systemen zu krystallisiren, welche man mit dem Namen Di- und Trimorphismus belegt hat. Im engsten Zusammenhang mit der Krystallisation stehen die Spaltbarkeit, die innere Struktur und die Blätterdurchgänge, welche man an vielen Körpern wahrnimmt, doch auf dieses weiter einzugehen ist hier der Ort nicht, und so wollen wir hiermit das Kapitel über Krystallographie beschließen und uns zu dem wichtigen Abschnitt über spezifisches Gewicht wenden, das für den Chemiker von so bedeutendem Werth ist. Das spezifische oder Eigengewicht ist eines der wichtigsten Unterscheidungsmerkmale, sowohl der festen als auch flüssigen und gasförmigen Körper, und kann vielfach zur Erkennung von Substanzen dienen, wo unsere chemischen Mittel nicht ausreichen, oder wo wir dieselben nicht zur Anwendung bringen dürfen. Es ist eine allbekannte Thatsache, daß gleich große Volumina verschiedener Körper auch verschiedenes Gewicht zeigen. Nun könnte man das Gewichtsverhältniß zweier Körper so bestimmen, daß man zwei ganz gleich große Stücke derselben wöge, allein, da erklärlicher Weise diese Methode nicht ausführbar ist, so wendet man folgendes Verfahren an:

Man ist übereingekommen das Gewicht der festen und flüssigen Körper mit dem des Wassers zu vergleichen, (welches man als Einheit angenommen hat) und zwar giebt das spezifische Gewicht eines Körpers an wie viel mal schwerer oder leichter er ist als ein gleiches Volumen Wasser. Man füllt, um dieses Verhältniß fest zu stellen ein mit einem eingeschliffenen Stöpsel versehenes Gläschen, dessen Gewicht man kennt, genau ganz voll Wasser und bestimmt nun das Gewicht hievon, dann bringt man den zu untersuchenden Körper hinein, nachdem er vorher gewogen war und stellt man fest wie viel Wasser dem Gewichte nach verdrängt wurde; man dividirt nun mit dem Gewicht des verdrängten Wassers in das Gewicht des Körpers und erhält so sein spezifisches Gewicht.

Stöpsel

a b. feine Öffnung.

z. B.

Man wollte das sp. Gewicht des Bleies bestimmen, so wiegt man sich eine gewisse Menge = p. ab. bringt dann dieselbe in das oben erwähnte Gläschen, welches nun mit Wasser ~~gefüllt~~ gefüllt ist, (der Stöpsel muß eine feine Öffnung haben, damit das Wasser nicht einmal zusammengedrückt wird, und keine Luftblase im Glas bleibt.) wovon ersteres so viel verdrängt als sein eigenes Volumen ausmacht, und wiegt dann noch einmal. Ist G das Gewicht des mit Wasser gefüllten Gläschens so ist G_1 gleich dem Gewicht des HO + Pb + Glas — dem Gewicht des ausgeflossenen Wassers (w).

$$G + p - w = G_1$$
$$G - G_1 + p = w.$$

$$\text{Vol } w = \text{Vol } p.$$
$$w : p = 1(\text{gr. HO}) : x.$$ aus dieser Proportion würde sich dann leicht das sp. Gewicht des Bleies ergeben.

Nimmt die Wärme eines Körpers zu so wird sein spezifisches Gewicht kleiner, da sich durch die Wärme sein Volumen vergrößert. Bei der Annahme einer niedrigeren Temperatur steigt das spezifische Gewicht. Dasselbe geschieht beim Zusammenpressen eines Körpers durch Hämmern, Pressen, Walzen u. dgl.

Beigefügte Tabelle soll einen kleinen Überblick über verschiedene der bekanntesten festen Körper geben.

Spezifisches Gewicht fester Körper.

1 cc. Wasser	= 1.		
" Lithium	= 0,5936.	1 cc Antimon	= 6,723.
" Kalium	= 0,865.	" Eisen	= 7,79.
" Phosphor	= 1,880.	" Blei	= 11,445.
" Jod	= 4,948.	" Platin	= 21,27.
" Arsen	= 5,628.	" Glas	= 2,54.

Eine weitere Methode zur Bestimmung des spezifischen Gewich-
tes fester Körper, welche fast noch häufigere Anwendung fin-
det als die oben beschriebene, ist die folgende: Man wiegt
den Körper einmal wie gewöhnlich und dann noch-
mals in Wasser, bei der letzteren Wägung verliert er
gerade so viel an Gewicht als ein gleich großes Volu-
men Wasser wiegen würde. Ist also g = dem absoluten
Gewicht und w = dem Gewichtsverlust so muß $g - w$ gleich
dem Gewicht des im Wasser gewogenen Körpers sein & es
ergiebt sich aus folgender Proportion das sp. Gewicht
desselben;

$$g : w = s : 1.$$

was in Worten ausgedrückt lautet: das absolute Ge-
wicht verhält sich zu dem Gewicht der verdrängten
Wassermasse wie das spec. Gewicht des Körpers zu
dem spec. Gewicht des Wassers.

Da die Volumveränderung bei zu- oder abnehmender
Temperatur (Ausdehnbarkeit & Zusammenziehbarkeit)
auf das spezifische Gewicht von so großem Einfluß ist,
so ist hier der geeignete Ort hier noch ein paar
Worte darüber zu reden, und im Anschluß hieran
kurz einige, wichtige, physikalische Eigenschaften zu
betrachten, die zwar zur Unterscheidung von Kör-
pern nicht angewandt werden können, weil
sie theils von äußeren Umständen zu sehr beein-
flußt werden, theils nicht genau meßbar sind,
aber doch uns bei späteren Betrachtungen von Be-
deutung sein werden. Die Ausdehnbarkeit der Körper
durch Wärme und ihr Zusammenziehen durch Kälte hängt ab,
ob der Körper gegossen, gewalzt, geschmiedet, schnell oder lang-
sam abgekühlt wurde u. s. w. Sie sind von technischer Wich-
tigkeit und ihre verschiedenen Größen bei verschiedenen
Stoffen muß bei Experimenten wohl beachtet werden. So
dürfen Drähte, welche in Glas eingeschmolzen werden
nur von Platin sein; denn da dies Metall sich in glei-
cher Weise ausdehnt und zusammenzieht wie Glas, so
wird es kein Zerspringen desselben hervorrufen, wie
andere Metalle, die sich auf andere Weise ausdehnen.

Lineare Ausdehnung.

Ein Cu. Stab von 100000' Länge dehnt sich beim Erwärmen von 0°–1° aus. 17,2'
" Fe. " " " " " " " " " " " 0°–1° " 12,3'
" Pt. " " " " " " " " " " " 0°–1° " 8,5'
" Flintglas " " " " " " " " " " 0°–1° " 8,5'

Zu derselben Klasse von Eigenschaften gehören noch
Härte, Ductilität und Sprödigkeit, welche letztere auf einer
Spannung im Innern des Körpers beruht, die bei

rascher Abkühlung dadurch entsteht, dass die äusseren, zuerst
abgekühlten Theile von den später erkalteten, dem Kern ein-
en Zug nach Innen erhalten, dem sie im Augenblick einer
(?) Erschütterung folge leisten, wodurch dann der Körper zer-
trümmert wird. Dasselbe geschieht sowie an einer Stelle
die Spannung aufgehoben wird durch Ritzen oder dgl.
Die Sprödigkeit eines Stoffes schliesst dessen Festigkeit nicht
aus. So kann man z. B. ein rasch gekühltes, starkes Glas-
gefäss ziemlich heftig aufstossen, ohne dass es zerbricht,
während ein hineingeworfenes Stückchen Feuerstein wel-
ches durch Ritzen das Gleichgewicht der Spannkräfte stört,
es zum Zerspringen bringt.
Die Festigkeit ist der Widerstand, welchen ein Körper der
völligen Trennung seiner Theile entgegensetzt; man bestimmt
sie indem man an einen Körper so lange Gewichte an-
hängt bis er reisst.

Festigkeit.

Cu	Draht von 2mm. Durchmesser trägt	137,4. Kilo.
Au	" " " " " "	48,2. "
Sn	" " " " " "	15,7. "

Die Härte ist der Widerstand den ein Körper dem
Eindringen eines andern Körpers in seine Oberfläche
entgegensetzt. Mohs hat folgende Härtescala auf-
gestellt:

1. Talk.
2. Gypsspath.
3. Kalkspath.
4. Flussspath.
5. Apatit.
6. Feldspath.
7. Quarz.
8. Topas.
9. Korund.
10. Diamant.

In der Technik findet die Elasticität vielfach Anwendung.
Es ist dies die Eigenschaft mancher Körper, nach einer
Zusammenpressung oder Dehnung, sobald diese gewisse
Grenzen nicht überschreitet, ihr ursprüngliches Volumen
wieder anzunehmen. In besonders hohem Grade be-
sitzt der Kautschuk diese Eigenschaft, weshalb wir ihn
in der Chemie gar nicht entbehren können, zu dieser
Eigenschaft kommt noch eine zweite, nämlich die, auf
den frischen Schnittflächen zu kleben, wodurch wir im
Stande sind Apparate auf die schnellste und bequemste
Weise luftdicht zu verbinden.

Was den tropfbarflüssigen Aggregatzustand an-
belangt, weichen die ihm angehörigen Körper in ihren phy-
sikalischen Eigenschaften viel weniger von einander

als die festen. Ihre Gestalt wird bestimmt durch die des Gefäßes, worin sie sich befinden; ihre Ausdehnung durch die Wärme ist geringer als bei den festen Körpern, wie auch die Zusammendrückbarkeit hinter der jener zurücksteht. Läßt man einen Druck auf einen flüssigen Körper wirken, so übt ein jedes Flüssigkeitstheilchen auf das andere ebenfalls einen Druck aus, der nach allen Seiten gleich ist und dem äußeren Drucke entspricht; bei festen Körpern dagegen ist er an der Oberfläche immer größer als gegen die Mitte. Nach dem Grade der Flüssigkeit unterscheidet man dickflüssige oder zähflüssige und dünnflüssige Körper, welche aber nicht mit schwerflüssigen zu verwechseln sind; schwerflüssig ist nämlich ein Körper, wenn er schwer schmilzt. Wir sind nun nach dieser kurzen Abweichung wieder bei unserm Thema, dem spezifischen Gewicht angelangt und wollen uns nun zur Bestimmung desselben von Flüssigkeiten wenden. Das spezifische Gewicht von Flüssigkeiten bestimmt man, indem man ein Gefäß wie es schon früher beschrieben wurde mit Wasser füllt und wägt, dann wägt man es wieder der zu bestimmenden Flüssigkeit, dividirt man nun das letzt erhaltene Gewicht mit dem des Wassers, so hat man die gesuchte Größe. Eine andere Methode zur Auffindung des spezifischen Gewichtes ist die Bestimmung mit dem Aräometer.

Spezifisches Gewicht von Flüssigkeiten.

1 cc.	Wasser	=	1 gr.
" "	Alkohol	=	0,715 gr.
" "	Aether	=	0,793 "
" "	Terpentinöl	=	0,872 "
" "	Schwefelkohlenstoff	=	1,272 "
" "	SO_2	=	1,420 "
" "	NO_5	=	1,521 "
" "	SO_3	=	1,845 "
" "	Br	=	2,97 "
" "	Hg bei 0°	=	13,59 "
" " "	" 5°	=	13,58 "
" " "	" 10°	=	13,57 "
" " "	" 15°	=	13,56 "
" " "	" 20°	=	13,55 "
" " "	" 25°	=	13,54 "

Ausdehnung des Hg.

bei 0°	=	1.
" 5°	=	1,00081.
" 10°	=	1,00149.
" 15°	=	1,00217.
" 20°	=	1,00298.
" 25°	=	1,00357.

Das spezifische Gewicht der Flüssigkeiten ist wichtig, weil wir daraus auf die Reinheit organischer Substanzen schließen können. Die bei den tropfbar flüssigen Körpern größere Übereinstimmung gegenüber den festen Körpern findet bei den klassisch

flüssigen, die Gase, in noch höherem Maße statt, so daß nicht allein in allen Theilen eines zusammengepreßten Gases der gleiche Druck herrscht, sondern daß auch alle elastisch flüssigen Körper eine gleiche, gesetzmäßige Volumveränderung beim Zusammendrücken erleiden, die dem Druck umgekehrt proportional ist. (Mariotte'sches Gesetz), ebenso werden sie alle in gleicher Weise von der Wärme beeinflußt. Es giebt allerdings sehr geringe Abweichungen, die aber so unbedeutend sind, daß sie sich in den meisten Fällen unserer Beobachtung entziehen. Nur in der Nähe des Condensationspunktes zeigt sich deutlich die etwas verschiedene Einwirkung des Druckes und der Wärme auf verschiedene Gase, weshalb wir bei allen gasometrischen Versuchen eine Annäherung derselben an ihren Condensationspunkt verhüten müssen. Die Richtigkeit des Mariotte'schen Gesetzes wird mit Hülfe des neben abgebildeten Apparates nachgewiesen.

auch Boyle'sches Gesetz.

Eine communicirende Röhre, deren kürzerer Schenkel geschlossen ist, während der längere offen bleibt, enthält im ersteren eine beliebige Menge irgend eines Gases, welches durch eine Quecksilbersäule von der Luft abgeschlossen ist. Die beiden oberen Kuppen der Säule müssen damit normaler Druck in der Röhre herrscht, im gleichen Niveau stehen, dann befindet sich das Gas allein unter dem Druck der Atmosphäre. Verdoppeln wir den Druck durch Aufgießen von einer Quecksilbersäule, die die Höhe des gleichzeitigen Barometerstandes hat, so wird das Gas um die Hälfte zusammengepreßt, oder bei 3- 4- 5- oder n fachem Druck sein Volumen auf 1/3 1/4 1/5 oder 1/n reducirt. Dieser Versuch mit verschiedenen Gasen angestellt wird immer das gleiche Resultat liefern, auch zeigt er, einer wie großen Zusammenpressung die Gase unterworfen werden können.

Ist V. das ursprüngliche Volumen u. P der ursprüngl. Druck; P_1 der erhöhte Druck und V_1 das zu suchende Volumen des Gases nach der Druckveränderung so ergiebt sich aus dem Mariotte'schen Gesetz

$$V : V_1 = P_1 : P$$
$$V_1 \times P_1 = V \times P.$$
$$V_1 = \frac{V \times P}{P_1}$$

Man mißt das Volumen der Gase bei 760 mm. Druck und reducirt sie auf 0° Wärme, wo beides im Meeresniveau unter 45° nördl. Breite angenommen ist.

Von geringerem, dennoch aber bedeutendem Einfluß auf das Volumen der Gase ist die Wärme, deren Wirkungen mit Hülfe des nebenstehenden Apparates nachgewiesen wird. Es liegt in einer Wanne ein mit einer Kugel versehenes Röhrchen, welches

mit Gas gefüllt und mit einem Quecksilbertropfen verschlossen ist. Das Volumen des Gases ist an der Röhre, die mit einer Teilung versehen ist ablesbar, da der Kugel bekannt. Erwärmen wir nun, die in der Wanne die Röhre umspülende Flüssigkeit um 1°, so wird das Volumen, wenn es vorher eins war, nun 1+0,00366 betragen, und für jeden Grad, um den das Gas wärmer wird, dehnt es sich um denselben Bruchteil seines ursprünglichen Volumens aus, so daß wenn wir annehmen:

V = Volumen bei 0°.
V_1 = " " t°.

für dies sich die Formel ergiebt

$$V_1 = V + V.0{,}00366.t \quad \text{oder}$$
$$V_1 = V.(1+0{,}00366.t.) \quad \text{oder.}$$

für 1° = 1+0,00366. } des Volumens V.
" t° = $\underline{1+t.0{,}00366.}$

Ist V. das Volumen bei t° und
V_2 " " " 0°

so ist V (bei 0°) = 1.
V_2 (" −1°) = $1 - 0{,}00366.V.$
V_2 (" −2°) = $1 - 0{,}00366.2.V$ u.s.f.

$$V_2 = V - V.0{,}00366.t. \quad \text{oder.}$$
für t° = $\underline{V(1 - 0{,}00366.t.)}$

Kennen wir das Volumen eines Gases bei t_1 es sei = V_1. und wollen wir dasselbe für t_2 berechnen, so verfahren wir nach folgender Proportion:

$$(1 + 0{,}00366.t_1) : (1 + 0{,}00366.t_2) = V_1 : V_2$$
$$(1+0{,}00366.t_2)\,V_1 = (1+0{,}00366.t_1).V_2$$
$$V_2 = \frac{(1+0{,}00366.t_2)\,V_1}{(1+0{,}00366.t_1)}$$

Ist nun $t_2 = 0°$ C. so gestaltet sich obige Formel folgender Maßen:

$$\frac{1 \, . \, V_1}{1+0{,}00366.t_1} = V_2. \quad \text{(Gay-Lussac)}$$

Die Volumenzunahme von 1° angerechnet nennt man den Ausdehnungscoëfficienten.
Man ist übereingekommen bei Volumenangaben der Gase dieselben auf 0° und 760 Millimeter Druck zu beziehen. Nachdem die Reduktionsformel für Wärme angegeben worden ist, bleibt uns nur noch übrig die für den Druck fest zu stellen, denn dieser ist ebensosehr wie die Wärme der Luft, Schwankungen unterworfen.

Nehmen wir nun Bezug auf die oben entwickelte Formel des Druckes und verbinden diese mit der Formel für Wärme, so ergiebt sich das Volumen eines Gases, welches bei $t°$ und P Druck $= V_1$ betrug, bei 0°, u. 0,76 Druck =

$$\frac{V_1 . P}{1+0,00366 . t . 0.760} \quad \text{da } P_1 = 0,760 \text{ ist}$$

oder

$$\frac{1}{1+0,00366 . t} \cdot \frac{P . V_1}{P_1 \; (0,760)} = V_2$$

Diese Formel findet besonders Verwerthung bei der Bestimmung des spezifischen Gewichtes der Gase und Dämpfe, welches von der größten Bedeutung ist wegen der Beziehungen derselben zu gewissen chemischen Gesetzen. Um uns mit Allem was bei der Reduction eines Gasvolumens in der Praxis vorkommt vertraut zu machen, wollen wir einmal eine solche vornehmen; es diene uns hierzu die am Rande stehende Zeichnung. Eine mit einer Scala versehene, calibrirte Röhre (über Calibration siehe Calibrationstabellen) enthält das zu reducirende Gasvolumen, und taucht in eine mit Quecksilber gefüllte Wanne (Als Sperrflüssigkeit wäre Wasser nicht so gut, da sein Ausdehnungscoefficient viel größer ist, was aus untenstehenden Tabellen leicht gesehen werden kann); der Arm eines Halters womit die Röhre befestigt ist trägt zugleich auch das Thermometer. Lesen wir nun mit dem Fernrohr, um durch unsere körperliche Wärme keinen Einfluß auszuüben die verschiedenen Stände ab, so zeigt es sich, daß bei 17° das Gasvolumen 55 Theilstriche der Röhre einnimmt; dadurch aber, daß das Quecksilber in der Röhre über dem Niveau der Wanne steht (beide sind als communicirende Röhren anzusehen.) befindet sich das Gas unter einem geringeren Druck, als dem der Atmosphäre. Wenn also 764,7 der zeitweilige Barometerstand ist, so müssen wir von ihm die Höhe der Quecksilbersäule a. abziehen, um den Druck zu erhalten unter welchem sich das Gas befindet. Um aber die Höhe der Quecksilbersäule a zu finden hat man nur von dem äußeren Stand des Quecksilbers das Volumen des Gases zu subtrahiren; also hier 176,7 − 55 = 121,7, demnach ist der Druck = 764,7 − 121,7 = 643 m.m.

Nun haben wir alles was zur Reduction nöthig ist:

$V_1 = 55.$
$t = 17°.$
$P = 643$ (B. = 764,7)
$p = 121,7$ (Höhe a)

und es ergiebt sich aus der Allgemeinen Formel

$$\frac{55 \times 643}{760} \times \frac{1}{1+0,00366 \times 17} = V_2 .$$

1 Grm. Wasser hat ein Volumen.		1 Grm Quecksilber hat ein Volumen.	
		bei 0° von	0,07358.
bei 5° von	1 cc.	„ 5° „	0,07364.
„ 10° „	1,00025.	„ 10° „	0,07369.
„ 15° „	1,00082.	„ 15° „	0,07374.
„ 20° „	1,00169.	„ 20° „	0,07380.
„ 25° „	1,00284	„ 25° „	0,07385.

Es liegt die Annahme nahe, daß wir das spezifische Gewicht der Gase ähnlich wie das der festen und tropfbar flüssigen Körper durch einfache Wägung eines bestimmten Volumens des Gases finden können. Dies ist in der That im Allgemeinen das Verfahren, allein es sind dabei allerlei Schwierigkeiten zu berücksichtigen deren Überwindung mehrere wesentliche Abänderungen bedingt. Nach dem hydrostatischen Gesetz verliert jeder Körper so viel von seinem Gewicht als das von ihm verdrängte Volumen des Mediums wiegt, in welchem er gewogen wird. Es leuchtet ein, daß dieser Verlust um so größer ist, je bedeutender das Volumen eines Körpers im Verhältniß zu seinem Gewicht ist d. h. je geringer sein spezifisches Gewicht ist. Nun haben aber die Gase von allen Körpern das geringste spezifische Gewicht, daher sie die größte Einbuße an Gewicht erfahren, deren Werth wir im Nachfolgenden für Wasser feststellen wollen.

Angenommen wir wägen 1 gr. dieser Flüssigkeit mit Platingewicht ab, wir wissen aber, daß 1 gr. Wasser = 1 cbc. einnimmt daß es also ebensoviel Luft verdrängt, deren Gewicht aus dem spezifischen leicht berechnet werden kann. Es wiegen nämlich:

773 cc.	Luft	= 1 grm.
„ „	H	= 0,06927 gr.
„ „	NH_3	= 0,58957 „
„ „	N	= 0,97134 „
„ „	O	= 1,10561 „
„ „	CO_2	= 1,52021 „
„ „	Cl	= 2,45307 „
„	Aetherdampf	= 2,5898 „
„	Bromdampf	= 5,4108 „
„	Joddampf	= 8,782 „

Wenn also 773 cc. Luft = 1 grm wiegen, so wiegt 1 cbc. = $\frac{1}{773}$ gr. = 0,0012936 gr.; es erleidet demnach 1 gr. Wasser einen Gewichtsverlust von 0,0012936 gr. Auf der anderen Wagschale liegt 1 gr. Platin, dessen spezifisches Gewicht = 21, ist, wonach 1 gr = 1/21 Cbc. oder = 0,0476190, die durch dieses Volumen verdrängte Luft wiegt also auch $\frac{0{,}0012936}{21}$, welches gleich 0,0000616 gr. ist. Es erleidet also 1 gr. Platin einen Gewichtsverlust von 0,0000616 gr., den wir von dem des Wassers abziehen müssen, um die eigentliche Einbuße

desselben an Gewicht zu haben:

$HO = 0,0012936$ gr.

$Pt. = 0,0000616$ "

bleibt $= 0,0012320$ gr. oder 1,23 Milligramm, eine Größe, die wir wohl vernachlässigen dürfen, wenn wir tropfbar flüssige oder feste Körper wiegen, nicht aber bei den viel leichteren Gasen, die leicht eine Einbuße erleiden, die ihrem Gewichte gleichkommt. Dieser Übelstand würde bei Wägungen im luftleeren Raum vermieden werden, allein diese sind viel zu umständlich auszuführen. Also lassen wir diesen Weg und folgen einem andern, der uns sicher zum Ziele führt. Er gründet sich darauf, daß wir dem Gewichte gleiche Größe mit dem Wägestück geben.

Man nimmt zu diesem Zweck drei Arzneiflaschen mit langen Hälsen von annähernd gleichem Volumen, füllt diese mit gleichen Mengen Wasser & markirt die Stelle, bis zu welcher das Wasser reicht, gießt dies nun aus und trocknet sie; nachdem dies geschehen, zieht man an der markirten Stelle den Hals jeder Flasche zu einer langen dünnen Röhre aus. Auf diese Weise erhält man drei Flaschen von annähernd gleichem Inhalt. Man bestimmt diesen für jede Flasche. Es sei für Flasche I der Inhalt $= V_1$, für II $= V_2$ und für III $= V_3$. Ist nun der Inhalt von I am kleinsten, der von II größer und der von III am größten, so findet man die Differenz der Volumina der 3 Flaschen so:

I $= V_1$

II $= V_2$ und dies ist um $(V_2 - V_1)$ größer als V_1

III $= V_3$ " " " $(V_3 - V_1)$ " " V_1

demnach ist $V_1 = V_2 - (V_2 - V_1) = V_3 - (V_3 - V_1)$.

Damit die Flaschen völlig gleich sind, muß das Volumen V_2 um $V_2 - V_1$, das Volumen V_3 um $V_3 - V_1$ verkleinert werden, was wir am besten durch hineingeworfene Glasstückchen bewerkstelligen. Wir berechnen aus dem spezifischen Gewicht, wie viel Glas dem Volumen $V_2 - V_1$

1 gr. : 2.54 = $V_2 - V_1 : x$.

und dem Volumen $V_3 - V_1$ entspricht, und indem wir das abgewogene Glas in die betreffenden Flaschen bringen, haben wir 3 Gefäße von ganz gleichem Volumen. Die Gleichheit des Gewichtes stellen wir durch beigelegte Glasstückchen her. Nun gilt es noch einen hermetischen Verschluß herzustellen. Wir streifen, um diesen herzustellen, eine Glasröhre von nebenstehender Form über eine ausgezogene Kautschukröhre, lassen diese zusammenschnellen und erhalten sie so an die Wände der Glasröhre ganz luftdicht angepreßt. Sie wird oben noch mit einem Glasstöpsel geschlossen und mit dem unteren Ende über den dünnen Hals der Flasche gesteckt, die nun hermetisch verschlossen ist.

die drei Kapsel müssen natürlich gleiches Gewicht haben, was
man bewerkstelligt, indem man sie zu Fäden auszieht und
durch abbrechen dieser die Gleichheit herstellt. Während man
bei festen und tropfbar flüssigen Körpern das Gewicht
eines Cubikcentimeters als ihr spezifisches Gewicht an-
nimmt, so setzt man das Gewicht von 773 Cc. bei 0° + 0,76
Druck gleich dem spezifischen Gewicht der Gase.
Nach diesen Vorbemerkungen bedürfen wir noch einer, wel-
che uns in den Stand setzt, Gase längere Zeit (wir wer-
den weiter unten noch sehen wozu) in einer constanten
Temperatur zu erhalten, was bei dem wechselnden Gas-
druck, dem Flackern der Flamme bei Zug u. s. w. durch
einfaches Erwärmen über einer solchen nicht möglich
ist. Wir bedienen uns zu diesem Zweck des Thermo-
staten, der auf folgende Weise eingerichtet ist. An ei-
nem hohlen, schmiedeisernen etwa 40 Cm. langen und
15 Cm. im Durchmesser haltenden Blechcylinder, sind zu
beiden Seiten in kurzen Abständen dicke Kupferstäbe
angeschweißt, auf welchen Bunsen'sche Lampen mit hohen
Schornsteinen beliebig hin und her geschoben werden
können. Diese Stäbe haben ungefähr die Länge des
Cylinders, werden durch die Lampen erhitzt und führen
Leitung einen Theil der empfangenen Wärme dem
Cylinder zu. Da jede Flamme, mag sie auch bedeuten-
den Schwankungen in ihrer Größe unterworfen sein
stets einen gleichgroßen Theil des Stabes erwärmt, so
wird die dem Cylinder zugeführte Wärme sich immer
gleich bleiben. Da aber der Cylinder nur an den
Seiten erwärmt wird, so wird sein oberer und un-
terer Theil eine geringere Temperatur haben als seine
Seiten. Man will aber im Innern desselben eine
constante Temperatur erzeugen und man erhält diese,
wenn man einen zweiten, etwas kleineren Cylin-
der im Innern des ersten anbringt. Dann gleicht
sich durch Strahlung die Wärme im Innern des zwischen
beiden liegenden concentrischen Ringes aus und der
zweite Cylinder wird an allen Seiten gleich stark er-
wärmt. Man könnte auch noch einen dritten Cy-
linder anbringen, wenn zwei nicht ausreichen. Jeder
einzelne Cylinder ist mit einem Deckel verschließbar,
der zwei Öffnungen enthält, aus denen die Hälse der
zwei präparirten Flaschen hervorragen können, die
in dem Innersten auf einem Träger aus Draht
ruhen.

Beide Flaschen füllen wir, die eine mit rei-
ner atmosphärischer Luft, die andere mit dem auf
sein spezifisches Gewicht zu untersuchenden Gase an.
Beide Gase streichen vorher durch Chlorcalciumröhren,

wo ihnen alle Feuchtigkeit entzogen wird, und gehen dann durch eine lange, dünne Röhre, die bis auf den Boden einer jeden Flasche reicht, in diese über. Man leitet mehrere Stunden ein bis alle atmosphärische Luft verdrängt ist, setzt den Stöpsel auf und wiegt nun erst die Luft und dann das andere Gas, indem man als Gewicht das mit einer Quecksilberluftpumpe luftleer gemachte dritte Gefäß benützt. Das Mehrgewicht der beiden andern Gefäße ergänzt man durch gewöhnliche Gewichte, deren Gewichtsverlust in Folge ihrer großen spezifischen Schwere ein verschwindend kleiner ist.

Nennen wir nun

G = das Gewicht der Luft in der Flasche
G_1 = " " des Gases " " "
s = " spez. " der Luft
s_1 = " " des Gases so erhalten wir s_1 durch folgende Gleichung

$$G : G_1 = s : s_1 \quad \text{also}$$

$$G \cdot s_1 = G_1 \cdot s \quad \text{oder}$$

$$s_1 = \frac{G_1 \cdot s}{G}$$

da aber $s = 1$ ist so ergiebt sich

$$s_1 = \frac{G_1}{G}$$

Wir brauchen hierbei weder Volumen, noch Temperatur, noch den Druck, unter welchem die Gase gewogen werden zu kennen, da wir für beide gleiche Bedingungen haben, und wir an beiden Gliedern eines Verhältnisses dieselben Operationen vornehmen müßten, was aber wie bekannt die Proportion unberührt läßt. Wollen wir aber das spezifische Gewicht solcher Gase bestimmen, die bei gewöhnlicher Temperatur flüssig sind, so verfahren wir auf etwas andere Weise. Wir bringen wie vorher in den Thermostaten zwei ganz gleiche Gefäße, füllen das eine auf die beschriebene Weise mit Luft und bringen in das andere von der Flüssigkeit deren Dampfdichte wir bestimmen wollen. Nun geben wir dem Thermostaten eine Temperatur die ungefähr um 50° höher liegt als der Siedepunkt der Flüssigkeit. Diese wird in Dampf übergehen der die Temperatur des Siedepunktes hat. Wir wollen diesem, um Fehler zu vermeiden, welche eine Bestimmung so nahe am Condensationspunkt hat, eine viel höhere Temperatur geben, zu deren Annahme, wir ihn mehrere Stunden im Thermostaten lassen müssen. Während dieser

Zeit wird sich aber, nach dem später zu betrachtenden Gesetz der Diffusion dem Dampfe atmosphärische Luft beimischen und die Bestimmung werthlos machen. Um diese Fehler zu vermeiden senken wir in die Mündung der Flasche einen Platindraht der den entweichenden Dampf soweit abkühlt, daß er sich wieder zur Flüssigkeit verdichtet und einen Tropfen bildet, der die Flasche luftdicht verschließt. Nun könnte aber durch eine geringe Abkühlung des eingeschlossenen Dampfes von dieser Flüssigkeit ins Innere der Flasche treten und durch deren Verdampfung die Temperatur vermindert werden. Dies verhindern wir, indem wir auf den Hals, zwischen Flüssigkeit und Flasche einen kleinen kupfernen Kugel setzen, dem durch einen angehefteten Draht von einer Gasflamme Wärme zugeführt wird. Gelangt nun die zurücktretende Flüssigkeit an die Stelle der Kugel, so wird von ihr soviel in Dampf verwandelt als genügt sie wieder nach vorne zu treiben. Im Übrigen verfährt man wie bei der zuerst beschriebenen Methode und es sei noch bemerkt, daß eine Condensation nach dem Verschluß nichts zu sagen hat.

Eine weitere, aber ältere, weniger genaue Methode, deren Anwendung sich jedoch empfiehlt, wenn nur wenig Material zur Untersuchung vorhanden ist, gab Gay-Lussac an.

Man zieht ein Glasrohr an beiden Seiten zu Capillarfäden aus, wiegt dieses, und saugt die Flüssigkeit, deren Dampfdichte zu bestimmen ist hinein. Dann schmilzt man die Capillarfäden ab und wiegt das Ganze mit den abgezogenen Theilen wieder, welch letztere man sorgfältig aufsammeln muß. Nun bringt man die eingeschlossene Flüssigkeit, deren Gewicht jetzt bekannt ist, in eine mit Quecksilber gefüllte Meßröhre, diese auf einem Halter, der ihre Mündung schließt und mit diesem in eine weitere Röhre, die am Boden ein Gefäß mit Quecksilber trägt, damit die Meßröhre sicher abgeschlossen ist. Obige Röhre, die noch ein Thermometer enthält, taucht ihrerseits wieder in eine noch weitere mit Wasser gefüllte Röhre, durch welche ein offenes Porzellan-Rohr oder eine Thonzelle geht, worunter eine Gasflamme brennt. Diese Vorrichtung erhält das Wasser auf constanter Temperatur, wodurch sich die Flüssigkeit in dem Glaskügelchen allmählich ausdehnt und es schließlich zersprengt, wonach die Flüssigkeit sich dann in Dampf verwandelt. Da wir das Gewicht der Flüssigkeit kennen, so brauchen wir nur noch Volumen, Temperatur und Druck abzulesen, um nach der Reduction auf 0° u. 0,76 Druck ihre Dampfdichte berechnen zu können.

Ein Hauptfehler wird durch die sich entwickelnden Quecksilberdämpfe, die dem Gase sich beimischen verursacht, denn sie vergrößern den Druck auf die Quecksilbersäule. Ist zur Verdampfung einer Flüssigkeit eine höhere Temperatur als 100° notwendig so füllt man den Apparat mit Chlorzink, bedarf es einer niederen so füllt man ihn mit Paraffin.

Ist V. das abgelesene Volumen.
G. " Gewicht der Flüssigkeit (nach Subtraction des Glases)
t die Temperatur bei welcher das Gas gemessen ist.
P. der Druck = (B - p.)
so ergiebt sich zur Reduction auf 0° u. 0,76 Druck die Gleichung:

$$\frac{P}{0,76} \cdot \frac{1}{1+0,00366 \cdot t} \cdot V = V_1 \text{ (bei } 0^\circ \text{ u. } 0,76^{mm}\text{)}$$

daraus die Proportion

$$V_1 : G = 773^{cc} : x.$$

Wir haben bei diesen Untersuchungen das spezifische Gewicht der Luft als bekannt angenommen, will man dasselbe bestimmen, so verfährt man also: Man füllt eine der vielfach erwähnten Fläschchen mit trockener atmosphärischer Luft, läßt diese im Thermostaten eine bestimmte Temperatur annehmen, wiegt indem man die luftleere Flasche auf die andere Wagschale stellt und reducirt auf 0° u. 0,76 Druck, worauf man wieder die obige Proportion in Anwendung bringt.

Wir haben gesehen, daß durch Änderung des Druckes und der Wärme eines Körpers, derselbe aus einem Aggregatzustand in den anderen übergehen kann; ist dies wohl in allen Fällen möglich? Wir haben Grund anzunehmen, daß bei den Elementen die Frage bejaht werden muß. Zwar haben wir O. N. u. H. nie anders als in Gasgestalt erhalten können und giebt es einige Körper wie C. Rh. Ir. Ru. die wir nicht flüssig noch gasförmig kennen. Um jene Gase flüssig oder fest zu erhalten fehlen uns die nöthigen, niedrigen Temperaturen und der hohe Druck (O ist bei 2000 Atmosphären noch nicht flüssig), denn während wir eine Hitze von 20,000° zu erzeugen vermögen, bringen wir es mit der Kälte nur bis 100°. Ru. Rh. u. Ir. verflüchtigen sich in kleinen Mengen im electrischen Funken. Ein anderer Umstand scheint noch der Annahme der Möglichkeit der drei Aggregatzustände für alle Elemente entgegenzustehen. Es giebt nämlich manche, die ohne vorher flüssig zu werden, unmittelbar aus dem festen in den gasförmigen übergehen. Diese Erscheinung erklärt sich aus dem sehr verschiedenen Einfluß, den der Druck auf den Schmelzpunkt und den

Kochpunkt ausübt. Während jener nur wenig verschoben wird, bestimmt er diesen sehr wesentlich. Nehmen wir nun an es schmelze ein Körper bei

1 Atm.	bei	24.°	und koche	bei	100°	so würde er schmelzen	
bei 1/2 "	"	23,99°	" "	"	59°	" "	" "
bei 1/8 "	"	23°	" "	"	40°	" "	" "
" 1/100 "	"	12°	" "	"	−8°		

Kochpunkt des Wassers bei Atmosphärendruck.

100°	bei	0,7600	Meter	Quecksilber.
35°	"	0,0418.	"	"
25°	"	0,0253.	"	"
15°	"	0,0126	"	"
0°	"	0,0046	"	"

Hat also obiger Körper die Temperatur seines Siedepunkts erreicht bei −8° so kann, wie wir früher zeigten, keine Wärme nicht mehr zunehmen, er kann nicht schmelzen. Die zusammengesetzten Körper können meistens nicht in allen drei Aggregatzuständen erhalten werden, weil sie sich gewöhnlich zersetzen ehe ihren Koch- oder Schmelzpunkt erreicht zu haben.

Wir haben gesehen, daß eine gewisse Menge Wärme verbraucht wird, um einen festen Körper in einen flüssigen und diesen in einen gasförmigen überzuführen, dieselbe Wärmemenge wird wieder erzeugt, wenn ein flüssiger Körper fest oder ein gasförmiger flüssig wird. Es entsteht also bei jenen Fällen in der Umgebung Kälte (z. B. beim Verdampfen des Aethers) in diesen Wärme. Wir besitzen daher außer dem Druck und der Wärme noch ein Mittel zur Änderung des Aggregatzustandes, nämlich die chemische Verwandtschaft. Bringen wir auf 5 Theile $NaO, SO_3 + aq.$ (Glaubersalz) 3 Theile HCl (Salzsäure) so bildet sich eine flüssige Verbindung deren Temperatur wegen der vielen zum Flüssigwerden verbrauchten Wärme auf −20° fallen kann. Umgekehrt wird aber Wärme frei wenn die zwei Körper flüssig sind und einen festen bilden. Durch Lösen von NH_4O, NO_5 (Salpetersaures Ammoniak) in HO erhält man eine Abkühlung von −15°.

Ehe wir nun nach diesen allgemeinen Betrachtungen unmittelbar zu unserer eigentlichen Aufgabe übergehen, die sich besonders auf die chemischen Elemente und Verbindungen erstreckt, wollen wir erst noch etwas diesen letzteren sehr ähnliches untersuchen, nämlich die mechanischen Mengungen. Die Ähnlichkeit beider ist aber nur eine äußerliche, scheinbare, denn es fehlen den

Mengungen die charakteristischen Eigenschaften der Ver-
bindungen. Denn während diese immer nur in
ganz bestimmten Verhältnissen vorsichgehen, und die sich
verbindenden Körper ihre Eigenschaften verlieren,
einen andern Körper bilden mit ganz neuen Eigen-
schaften, können die mechanischen Gemenge in allen
möglichen Verhältnissen auftreten ohne dass die ein-
zelnen Körper ihre Eigenschaften verlören; im Gegen-
theil können wir viele dieser Mengungen in Folge
der verschiedenen Eigenschaften der Theile, in diese zer-
legen. Nach dem Aggregatzustand der zusammen-
setzenden Körper sind sechs Fälle der Mischung möglich:

1.) Feste Körper mit festen;
2.) Flüssige " " flüssigen;
3.) Flüssige " " festen;
4.) gasförmige " " gasförmigen;
5.) gasförmige " " flüssigen;
6.) gasförmige " " festen.

Zu dem ersten Fall liefert die ganze Erdober-
fläche ein Beispiel. Man unterscheidet hier noch zwischen
groben Gemengen und innigen, erstere lassen sich schon
auf den ersten Blick als solche erkennen (Granit), wäh-
rend die Natur der letzteren erst mit Hülfe des Micros-
kops erkannt werden kann. Die Petrographie und
Geologie sind es hauptsächlich, die sich mit der Betrachtung
dieser ersten Klasse von Mengungen beschäftigen.
Die Trennung solcher Gemenge wird durch Schlämmen
bewerkstelligt. Die Mischungen flüssiger Körper heißen
Emulsionen; hier trennen sich die Bestandtheile von
selbst (Schwefelkohlenstoff und Wasser.)
Die Mischungen von flüssigen und festen Körpern
tragen auch den Namen Emulsionen und es trennen
sich ihre Bestandtheile, wie bei den vorhergehenden
von selbst. Abgießen & Filtriren (Decantiren.)
Abgießen oder Decantiren siehe „Analytische Methoden
nach Bunsen". Die mechanische Trennung eines
festen Körpers von einem flüssigen, geschieht ge-
wöhnlich durch Filtration, indem man die Eigen-
schaft poröser Körper benützt, andere Körper von
geringerem Zusammenhang, wie es die Flüssig-
keiten sind, durch ihre Poren Durchgang zu ge-
statten, während sie die festen zurückhalten.

Flüssigkeit
Bimsstein

Die gebräuchlichsten Substanzen zu diesem Zweck
sind: Bimsstein, Gyps, Asbest und hauptsächlich
Filtrirpapier. Die Schnelligkeit des Filtrirens ist
von der Weite der Poren und dem Druck ab-
hängig, welch letzterem sie direct proportional ist.
Um die langwierige Arbeit des Filtrirens abzu-

kürzen bedient man sich häufig der Luftpumpe und
besonders der von Bunsen construirten Wasserluftpum-
pe; jedoch bedarf es hierzu noch einiger Vorrichtung-
en. Der Trichter, der zur Unterlage des Filters und
zur Aufnahme der Flüssigkeit dient wird mittels ein-
es doppelt durchbohrten (Kork-) Kautschukstopfens, der
luftdicht schließt auf ein dickwandiges Gefäß von
nebenstehender Form gebracht; durch die zweite Öff-
nung desselben reicht eine knieförmig gebogene
Röhre in das Innere des Gefäßes, diese muß aber
dicht unterhalb des Stopfens endigen damit nicht
kleine Flüssigkeitstheile mit in die Pumpe gerissen
werden, was bei einer quantitativen Analyse nicht
zur Genauigkeit derselben beitragen würde. Über
dem Stopfen ist die Röhre zweckmäßig noch etwas
ausgezogen, um leichter mit dem Schlauch der Pum-
pe in Verbindung gesetzt werden zu können. Damit
jedoch das schwache Filtrirpapier den ziemlichen Druck
einer Pumpe aushalte muß man einen hohlen Co-
nus von Platin in den Trichter setzen, der eben ge-
nau denselben Winkel wie dieser haben muß und
unten mit einem feinen Loch versehen ist; natür-
lich ist dabei immer Hauptbedingung, daß das
Filter gut angelegt sei, da sonst während des
Gebrauchs selbst das stärkste reißen kann. Bei
einer solchen Vorrichtung ist die Schnelligkeit des
Filtrirens der Druckdifferenz innerhalb und außer-
halb des Gefäßes proportional.

Die Mischung der Gase erfolgt durch einen Vorgang
den wir Diffusion nennen. Bringen wir auf den
Boden eines mit Luft gefüllten Cylinders eine Brom-
dampf enthaltende Kugel und zerschlagen dieselbe,
so bemerken wir, daß der Bromdampf, trotzdem
er spezifisch schwerer ist als Luft, in dieser aufsteigt.
Der Vorgang dauert so lange bis an jeder Stelle
im Cylinder gleichviel Brom und Luft ist. Man
könnte nach dieser Erscheinung geneigt sein anzu-
nehmen, heterogene Gase üben keinen Druck
aufeinander; daß dies nicht der Fall ist beweist
der Umstand, daß wenn bei übereinander lagern-
den Gasen auf das eine ein Druck ausgeübt wird
auch das andere sein Volumen verkleinert; diese
Thatsache ist an nebenstehender Zeichnung ersicht-
lich. Es beruht die Diffusion darauf, daß alle he-
terogene Gase so auf einander drücken, als wä-
ren sie gleich schwer. Die Summe der Drücke
nach der Diffusion ist dieselbe wie vorher, nur
ist die Vertheilung eine andere.

Dieses zu beweisen kann folgende Betrachtung dienen: man hat zwei Gasvolumina $V_1 + V_2$, die über einander gelagert und durch ein Diaphragma getrennt sind. Jedes hat den Druck der Atmosphäre = 1 auszuhalten und das ganze Volumen V. befindet sich demnach auch unter dem Druck 1., da heterogene Gase gleichsehr auf einander drücken, und der Druck sich im Innern der Gase gleichmäßig fortpflanzt. Denken wir uns nun es sei das Diaphragma entfernt worden und die Diffusion habe stattgefunden, was werden wir da zu überlegen haben? V_1 das kleinere Volumen des beiden Gase hat sich so in das größere verbreitet, daß es nun das Volumen $V_1 + V_2$ oder V. einnimmt und V_2 hat sich so in V_1 verbreitet, daß es ebenfalls $V_1 + V_2$ oder V. einnimmt, da aber der Druck im umgekehrten Verhältniß zu den Volumen steht, so verhält sich:

$$V_1 : V_1 + V_2 = p_1 : 1.$$

vor d. D. : nach d. D. n. d. D. : v. d. D.

$$(V_1 + V_2)\, p_1 = V_1$$

$$p_1 = \frac{V_1}{V_1 + V_2}$$

und.

$$V_2 : V_1 + V_2 = p_2 : 1.$$

$$(V_1 + V_2) \cdot p_2 = V_2.$$

$$p_2 = \frac{V_2}{V_1 + V_2}$$

$P = 1.$ V { V_2 / V_1 }

p_1 = Druck nach Diff. von V_1.
p_2 = " " " " V_2.

$$\frac{V_1}{V_1 + V_2} + \frac{V_2}{V_1 + V_2} = \frac{V_1 + V_2}{V_1 + V_2} = 1. = V.$$

demnach ist auch

$$p_1 + p_2 = 1 = P.$$

Heterogene Gase üben keinen diffusiven Druck auf einander aus. Es werden sich dieselben also in einander wie in den leeren Raum verbreiten, nur daß durch Reibung der kleinsten Theilchen die Bewegung sehr verzögert wird. Nach der Diffusion kommt auf jedes Gas ein Druckantheil der proportional seiner Menge ist. In Folge dessen wird durch eine sehr feine Öffnung, die in einer unendlich dünnen Platte ist (so daß die Reibung gleich 0. ist) das in größerer Menge vorhandene Gas rascher gehen als das andere. Anders bei Capillarröhren, wo die Reibung sehr groß ist. Im Allgemeinen verhält sich die Geschwindigkeit des Ausströmens des Gases proportional der Druckdifferenz. $(P - P_1)$

P_1 ← P. ← P

schließt man in einem Gefäß, welches in einem porösen Gypspfropf endigt, Wasserstoff ein und bringt dies in eine unbegrenzte Atmosphäre von Sauerstoff, so werden beide Gase in der ersten Minute mit dem selben Druck einer Atmosphäre ausströmen, da H gegen O. keinen diffusiven Druck ausübt. Es wird also von H eine gewisse Menge $= s$ austreten, so daß das Volumen desselben $= H - s$ ist. Dem entsprechend wird in der 2ten Minute das Ausströmen des H nur noch mit dem Druck $1 - s$. stattfinden, während gleichzeitig die Diffusionsgeschwindigkeit des O. dieselbe Verzögerung erleidet $= s$, weil die eingetretene Menge desselben einen ihrem Volumen proportionalen Gegendruck übt. So würden also abgesehen von der Reibung die Geschwindigkeiten beider Gase einander immer gleich bleiben, während sie gleichzeitig immer geringer werden. Nun wird aber das spezifisch schwerere Gas die größere Reibung erfahren, es werden also die Geschwindigkeiten durch eine poröse Scheidewand strömender Gase, sich umgekehrt proportional den spezifischen Gewichten verhalten. In dem angenommenen Falle müßte also mehr H aus, als O. eintreten. Um dies zu zeigen füllt man eine Röhre von neben stehender Form, nachdem man sie mit einem Gypspfropf verschlossen und mit H gefüllt hat in eine Flüssigkeit; nun wird in Folge der ungleichen Geschwindigkeiten der beiden Gase, in der Röhre ein luftverdünnter Raum entstehen, und die Flüssigkeit in derselben steigen. Aus dem Gesagten geht hervor, daß Gase, die längere Zeit aufgehoben werden sollen, nicht durch einen bloßen Kork abzuschließen sind, der in Folge seiner Porosität den Gasen ungehinderten Durchgang gestattet. Man bekleidet denselben immer mit Kautschuk und außen mit dem feinsten Siegellack. Will man aber Gase sehr lang aufheben, so schmilzt man die Gefäße am besten zu, da man so den besten hermetischen Verschluß erzielt.

Hierher gehört auch ein Vorgang, der im Widerspruch mit dem, was über den Kochpunkt gesagt wurde zu stehen scheint: die Verdampfung fester oder flüssiger Körper bei Temperaturen, die weit unter dem Kochpunkt derselben liegt. Sie ist eine Art der Diffusion und kann deshalb nur an der Oberfläche stattfinden. Geschieht das Verdampfen einer Flüssigkeit z. B. in der unbegrenzten Atmosphäre, wie dies in der Natur der Fall ist beim Wasser, so wird

es sich so lange fortsetzen als noch Flüssigkeit vorhanden ist; geht aber der Prozeß in einem geschlossenen Raume vor sich, so wird das Verdunsten aufhören, sowie die Spannung der Dämpfe so groß geworden ist, daß der durch dieselbe erzeugte Druck hinreichen würde, um Wasserdampf in flüssiges Wasser zu verwandeln, d. h. sowie die Spannung der Wasserdämpfe den Condensationspunkt erreicht hat. Ist der Raum durch eine Luftpumpe ausgesogen worden, so wird dies auf die Menge des verdunstenden HO. keinen Einfluß haben, wohl aber auf die Schnelligkeit, mit welcher es verdunstet. Bringt man jedoch in das Gefäß, in welchem die Verdunstung vorgenommen wird noch eine Wasser anziehende Substanz, wie SO_3 conc. oder $CaCl$, so wird der sich bildende Wasserdampf fortwährend von dieser angezogen, und die Spannung wird dadurch wieder vermindert, so daß immer neuer Dampf gebildet werden kann. Beschleunigen kann man nun noch die Operation, wenn man, wie oben erwähnt, einen luftverdünnten Raum anwendet. Auf diesem Prinzip beruht auch ein der Chemie häufig angewendete Vorrichtung der sogenannte Exsiccator, der zum trocknen von Früchten, und zum Aufbewahren von hygroscopischen Körpern dient.

Wenn wir Gase über Wasser auffangen, so wird von diesem ein Theil in jene diffundiren, und da es als Dampf eine gewisse Spannung ausübt (die von der Temperatur abhängt) verringert es den Druck, unter welchem das Gas sich befindet. Ist also z. B.

V. das Volumen des trocknen Gases bei
P m.m. Barometerstand und bei
$t°$ Wärme, so wird das Volumen desselben

auf 0° und 0,76 m. Druck reducirt, wenn wir p. die dem Atmosphärendruck entgegenwirkende kleine Quecksilbersäule nennen gleich sein:

$$\frac{V.(P-p)}{0,760 \cdot 1+0,00366.t}$$

Ist aber V_1 gleich dem Volumen des feuchten Gases unter sonst gleichen Bedingungen, so wird, wenn wir die der Temperatur entsprechende Tension des Wasserdampfes = tens. setzen, die Formel lauten:

$$\frac{V_1 \cdot (P-p-\text{tens.})}{0,760 \cdot (1+0,00366).t}$$

nach Bunsens „Gasometrischen Methoden" =

$$v_1 = \frac{(v+m)(b-b_1-b_2)}{1+0,00366 \cdot t}$$

In dieser letzten Formel bedeutet, V_1 gleich dem reducirten früheren Volumen; V. das abgelesene Volumen; m. den Meniscusfehler; b. den Barometerstand in Metern; b_1 die innerhalb der Meßröhre über dem Niveau stehende Quecksilbersäule und t_2 die Tension des Wasserdampfes; hier ist alles auf 1 Meter Quecksilberdruck und nicht auf 0,76 bezogen.

Die Mischung gasförmiger Körper mit flüssigen nennen wir Absorptionen. Da das Eindringen von der Oberfläche aus geschieht, so wird dies durch Vergrößern derselben beschleunigt, also durch Schütteln. Man könnte glauben, daß hier eine Auflösung vorliege, die eine mechanische Natur des Vorgangs beweist aber folgendes Experiment. Bringt man mit O. gesättigtes Wasser in eine unbegrenzte Atmosphäre von H, so wird durch Diffusion aller O. ausgetrieben und H. tritt an seine Stelle; bringt man nun die Flüssigkeit in eine unbegrenzte Atmosphäre von O. so wird wieder H ausgetrieben und O. tritt ein. Es ist dabei auffallend, daß ein und dieselbe Flüssigkeit sehr verschiedene Volumina verschiedener Gase aufnehmen kann. z. B.

Zusammensetzung der Luft & der von Wasser absorbirten Luft

Luft	Von Wasser absorbirte Luft
O = 0,21.	O - 0,349.
N = 0,79.	N = 0,651.

Die Menge des absorbirten Gases hängt ab:

1.) Von der chemischen Natur der beiden Körper, d. h. von der specifischen Capillaranziehung derselben.

2.) Von der Temperatur. Ein Gesetz ist hier noch nicht aufgefunden; in der Regel nimmt eine Flüssigkeit bei niederer Temperatur mehr Gas auf als bei höherer.

3.) Von dem Druck; und zwar nach dem Mariotte'schen Gesetz.

Da nach diesem das Volumen der Gase dem Druck umgekehrt proportional ist, die Gewichtsmenge des absorbirten Gases aber dem Druck direct proportional ist, so nimmt eine Flüssigkeit bei jedem Druck gleiche Volumina desselben auf.

Gemischte Gase gehen nach Maßgabe des Diffusionsgesetzes in Flüssigkeiten über, d. h. das Verhältniß der aufgenommenen Gase ist proportional dem Produkt aus Absorptionscoefficient (d. i. die Menge des von der Einheit der Flüssigkeit bei 0° und 0,76 Druck aufgenommenen Gases) und dem

procentalischen Antheil der Gase an dem Gemisch. So enthält die Luft 21 % O. und 79 % N der Absorptionscoëfficient des O = 0,0298 der des N = 0,147 für Wasser, also wird die Einheit Wasser absorbiren:

von O = 0,0298 · 21 = 0,6258 = 35 %.
von N = 0,0147 · 79 = 1,1613 = 65 %.

Dieser Umstand ist von der größten Wichtigkeit, denn ohne diesen im Verhältniß größeren O. Gehalt der Luft im Wasser würden wohl kaum Thiere das Innere des Meeres bevölkern können. Daß in den hochgelegenen Alpenseen keine Fische leben liegt an dem wegen des geringen Atmosphärendrucks kleinen Luftgehalt ihres Wassers. Viele Fische kommen nur in rasch fließenden Gebirgswässern vor, weil diese wegen ihrer großen Oberfläche (in Folge der starken Bewegung.) viel Luft (O.) aufnehmen und die durch das Athmen der Thiere erzeugte CO_2 rasch abgeben.

Wenn eine gashaltige Quelle zu Tage tritt, so hat sie das dem Druck einer Atmosphäre = 32' Wasser entsprechende Gewicht Gas absorbirt. Faßt man aber diese Quellen an ihrem Austritt aus dem Felsen in einer Tiefe von 20' so wird sich das Gas unter einem Druck von 1 2/3 Atmosphären befinden, also seine Gewichtsmenge in dem Wasser = 1 2/3 mal so groß sein. Wollen wir die in einer Mineralquelle enthaltenen Gase zur Analyse auffangen, so senken wir auf ihren Boden eine mit destillirtem Wasser gefüllte Flasche und saugen mittels einer auf den Boden der Flasche reichenden Röhre das destillirte Wasser heraus, so daß sie ganz mit dem Wasser der Quelle gefüllt wird. Die Flasche trägt über ihrem Hals eine vorstehende Kautschukröhre; das in dieser enthaltene beim Herausziehen mit Luft in Berührung gekommene Wasser wird durch den dann aufgesetzten Stopfen herausgequetscht. Faßt man durch eine Ligatur die Röhre über dem Pfropf zusammen so hat man einen luftdichten Verschluß. Will man die Gase zum Zwecke einer Analyse austreiben und auffangen, so entfernt man die Ligatur und setzt der Flasche eine Röhre von nebenstehender Form auf, diese ist an ihrem Ende bei a mit einem Quetschhahn versehen und wird bis zur Hälfte des Kügelchens mit destillirtem Wasser gefüllt. Dieses erhitzt man bei geöffnetem Hahn so lange bis der entstehende Dampf alle Luft ausgetrieben hat; schließt man dann, während man zugleich die Flamme entfernt den Hahn, so entsteht nachdem sich der Dampf condensirt hat ein luftleerer Raum. Mit diesem setzt

1 Volumen Wasser absorbirt bei 0,76 Meter Druck.

bei	N.	H.	O.	CO_2	Luft.
0°	= 0,02035.	= 0,01930.	= 0,04114.	= 1,7967.	= 0,02471.
5°	= 0,01794.	= 0,01930.	= 0,03628.	= 1,4497.	= 0,02179.
10°	= 0,01607.	= 0,01930.	= 0,03250.	= 1,1847.	= 0,01983.
15°	= 0,01478.	= 0,01930.	= 0,02989.	= 1,0020.	= 0,01795.
20°	= 0,01403.	= 0,01930.	= 0,02838.	= 0,9014.	= 0,01704.



man die mit Mineralwasser gefüllte Flasche durch Zurück-drücken des Stopfens in Verbindung, erwärmt diese auf ungefähr 40° so wird alles Gas derselben in die entstehenden Dampfblasen diffundiren, mit diesen in die obere Röhre gehen und sich dort ansammeln während der Dampf sich verdichtet. Man kann dann die Röhre bei c. abschmelzen oder durch einen Quetschhahn abschließen. Noch zu bemerken ist, daß wenn man Gase unter Wasser auffängt und sie einige Zeitlang damit in Berührung läßt sie vollständig mit atmosphärischer Luft verunreinigt sich, was ja aus vorn beschriebenen Diffusionserscheinungen des O u. N. leicht erklärlich ist. Fängt man dagegen die Gase über Quecksilber auf so kann man die eingetretene Luft vernachlässigen.

Die Gesetze nach welchen die Gase von festen Körpern absorbirt werden sind noch nicht bekannt. Auch hier befördert größerer Druck die Erscheinung, während eine höhere Temperatur die Absorption sehr schwächt. Glüht man eine Holzkohle so gehen alle aufgenommenen Gase fort; erkaltet kann sie ein Vielfaches ihres eigenen Volumens an solchen aufnehmen. Benützung zum desinficiren.

Von den mechanischen Mengungen sind ganz verschieden die chemischen Verbindungen; diese zerfallen in: Auflösungen und wahre chemische Verbindungen. Die Auflösungen können innerhalb gewisser Grenzen, die von der Temperatur abhängen in allen möglichen Verhältnissen statt finden. Ihre kleinsten Theilchen kann man nicht mechanisch von einander trennen und dabei ändert sich auch die chemische und physikalische Natur der zusammentretenden Körper, es geht dann aus ihrer Vereinigung ein neuer Körper hervor, der ganz andere Eigenschaften zeigt als die beiden zusammensetzenden. Die Verbindungen sind dagegen dadurch charakterisirt, daß sie nur in einem oder mehreren ganz bestimmten unveränderlichen Verhältniß vor sich gehen. Ihre Trennung ist mechanisch nicht möglich und der neu hervorgehende Körper ist von den ihn bildenden Stoffen noch verschiedener als bei den Auflösungen.

Wir unterscheiden Auflösungen von festen Körpern in festen;

2 flüssigen in flüssigen;
3 festen in flüssigen;
4. flüssigen in festen;
5. gasförmigen in gasförmigen;
6. gasförmigen in flüssigen;
7. gasförmigen in festen.

Zu den Lösungen fester Körper in festen gehören die Legirungen. Bringt man in flüssiges Kupfer, Zink so löst sich dieses bis zur Sättigung darin auf, erhöht man die Temperatur, so löst sich wieder mehr. Das entstehende Messing hat weder die rothe Farbe des Kupfers noch die weiße des Zinks, auch hat es nicht etwa das mittlere spezifische Gewicht beider. Umgekehrt löst sich auch Kupfer in flüssigem Zink. Der Vorgang der Lösung flüssiger Körper in flüssigen ist der Diffusion ähnlich und heißt Osmose (Endosmose u. Exosmose.) Sie geht nach einer logarithmischen Reihe vor sich. Am besten zeigt man den Vorgang an einer Lösung von CuO, SO_3 oder $KO, 2CrO_3$, indem man auf erstere langsam reines Wasser gießt, so daß sich die Flüssigkeiten nicht mischen, oder indem man auf einen Cylinder voll reinem Wasser einen Cylinder stülpt der mit der Lösung des letzteren gefüllt ist. Nach einigen Stunden werden schon die beiden Flüssigkeiten angefangen haben in einander überzugehen und der Prozeß wird so lange fortdauern bis an allen Stellen des Gefäßes gleich viel Salz und Wasser ist. Füllt man ein Gefäß von 50 Cbctm. zur Hälfte mit Wasser und zur Hälfte mit Aether so wird nach dem Schütteln das Volumen des Wassers von 25 auf 28 Cbctm. gestiegen sein, da es mehr Aether, als dieser Wasser löst. Der Sättigungspunkt hängt ab:

1. von der chemischen Natur der Stoffe;
2. von der Temperatur.

Dabei entzieht ein Körper von größerem Lösungsvermögen einem von geringerem die gelösten Stoffe. Haben wir z. B. eine Lösung von Br. in Wasser und schütteln wir diese mit Schwefelkohlenstoff so geht alles Br. aus dem Wasser in den Schwefelkohlenstoff über.

Lösungen fester Körper in Flüssigkeiten kommen in der Chemie am häufigsten vor. In der Regel nimmt eine Flüssigkeit um so mehr auf je heißer sie ist. Bei Körpern, die sich zersetzen, nimmt aber oft mit steigender Temperatur die Löslichkeit ab.

C. 90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
A 0%
0° 10° 20° 30° 40° 50° 60° 70° 80° 90° B.
Abnehmend bei steigender Temperatur
erst zunehmend dann abnehmend
in gerader Linie zunehmend
fast ganz horizontal

Um die Löslichkeit der Stoffe bei verschiedener Temperatur grafisch darzustellen, bedient man sich vorstehenden Schemas. Die Horizontallinie AB, welche in beliebig viele gleiche Theile getheilt ist, soll die Temperaturen angeben, die Verticale AC, die auch beliebig viele gleiche Theile enthält, soll die Löslichkeit eines Körpers z. B. in Wasser, von 10 – 10 %. Die Löslichkeit eines Salzes bei verschiedenen Temperaturen wird sich dann durch eine Curve darstellen lassen, die entweder eine zuerst an und dann absteigende oder eine ansteigende, oder irgend eine in ihrer Richtung, der in der Zeichnung angegebenen ähnliche ist.

Liegt der Erstarrungspunkt des festen Körpers gegen den der Flüssigkeit bei hoher Temperatur, so können wir die Körper durch Krystallisation trennen, bei entfernt liegenden Siedepunkten wenden wir zur Trennung die Destillation an. Nicht zu verwechseln sind Ausscheidungs (Sättigungspunkt) und Erstarrungspunkt des gelösten Körpers, denn jener hängt lediglich von der Löslichkeit des Körpers bei verschiedenen Temperaturen ab. Die Verwechslung beider hat in der Geologie zu den größten Fehlern geführt.

Diejenigen festen Körper, welche Flüssigkeiten auflösen können nennt man gelatinöse oder colloidale Körper z. B. Leim, Pergamentpapier ect. Diese Körper haben die Eigenthümlichkeit leicht solche Körper auf zulösen, welche krystallisiren können, während sie amorphe fast gar nicht oder erst nach längerer Zeit spurenweise lösen. Man benutzt diese Eigenschaft zur Trennung amorpher Körper von krystallinischen. Der Vorgang heißt Dialyse und das Gefäß, worin er vorgenommen wird Dialysator. Das zu diesem Zwecke benutzte Pergamentpapier wird dargestellt, indem man gewöhnliches, ziemlich festes Papier in SO_3 taucht und rasch wieder herauszieht. Man bringt zur Trennung zweier oben angegebener Körper, dieselben in den Dialysator, d. i. ein Reif, welcher unten durch ein Pergamentpapierboden geschlossen ist. Der Dialysator schwimmt auf Wasser, welches ihm fortwährend den aufgelösten krystallinischen Körper entzieht.



Lösungen von Gasen in Gasen sind nicht genau bekannt, doch will man beobachtet haben, daß sich Stickstoff in Salpetrigersäure löst und daß in diesem Fall der Condensationspunkt der letzteren sich verändert. Die Lösung von Gasen in Flüssigkeiten, werden durch Druckzunahme begünstigt, während steigende Temperatur sie beeinträchtigt. z. B. HCl in HO. NH_3 in HO. O in Blut.

Ob Lösungen von festen Körpern in Gasen bestehen weiß

man noch nicht bestimmt.
Die wahren chemischen oder molekularen Verbindung gehen zwischen den kleinsten Theilchen der Materie, in einem oder mehreren bestimmten, unveränderlichen Verhältnissen vor sich, wobei sowohl die physikalischen als auch chemischen Eigenschaften der Körper von Grund aus verändert werden. Wenn wir ein mechanisches Gemenge von S u. Fe haben, so kann dies in allen möglichen Verhältnissen bestehen und weder die physikalischen noch chemischen Eigenschaften des S u. Fe gehen verloren, auch können wir mit mechanischen Mitteln beide Körper wieder trennen (mit dem Magnet.), erwärmen wir aber dieses Gemenge, so erhalten wir eine chemische Verbindung, deren Bildung mit Licht und Wärme Entwickelung verbunden ist. Es verbinden sich stets 28 Theile Eisen mit 16 oder 32 Theilen Schwefel, ein anderes Verhältniß existirt nicht; ebenso verbinden sich 31,7 Theile Cu mit 16 Theilen S. u. s. w.

Wir gewahren an den Körpern ein Bestreben unter günstigen Verhältnissen sich mit einander zu verbinden und da wir dieses aus keiner uns bekannten Naturkraft erklären können, so nehmen wir eine besondere Kraft, die chemische Verwandtschaft oder Affinität, an.

Obgleich nun die chemischen Vereinigungen nur vor sich gehen, wenn die Atome ganz nahe aneinander liegen, was am ehesten der Fall ist, wenn die Körper oder wenigstens einer derselben, flüssig oder gasförmig ist, so braucht es selbst, wenn diese Bedingungen gegeben sind, noch eine gewisse Zeit, in Folge der der Vereinigung entgegenstehenden Widerstandes. Dieser Widerstand hängt ab:

z. B. Kalk + HO.

1.) Von der Temperatur. Erwärmen beschleunigt in den meisten Fällen die Vereinigung, was oft darauf beruht, daß durch Schmelzen eines der beiden Körper die Atome einander näher rücken. S u. Fe bleiben zusammengemischt in der Kälte ohne Wechselwirkung. Wird durch Erwärmen der Schwefel geschmolzen, so treten sie zu Schwefeleisen zusammen.
SeO u. SO_2 bleiben in der Kälte ohne Wirkung aufeinander, erwärmt fällt durch folgenden Vorgang Se. als rothes Pulver aus

$$\left.\begin{matrix} SeO \\ SO_2 \end{matrix}\right\} \begin{matrix} SO_3 \\ Se. \end{matrix}$$

2.) Von mechanischen Erschütterungen. Schütteln begünstigt die Vereinigung von Kali und Weinsäure zu Weinsaurem-Kali. $KClO_5$ und Schwefel.

3.) Vom Licht, dessen Einwirkung besonders

deutlich auf H + Cl, AgCl, überhaupt auf Cl, Br u. J-Verbindungen; hierauf beruht auch die Photographie.

4.) Von der Electricität, die bald zur Vereinigung bald zur Trennung von Körpern führt.

5.) Vom Contact: (Katalytische Erscheinungen.) Glüht man einen Platintiegel über der Gasflamme, löscht dann das Gas aus und öffnet den Hahn wieder, so wird der Tiegel fortglühen, weil an seiner Oberfläche eine fortwährende Verbrennung stattfindet. $Pt<^{H}_{O}$ Ebenso: Cr_2O_3; Fe_2O_3 u. CuO.

6.) Vereinigen sich im Ausscheidungsmomente, in statu nascendi manche Körper, die sonst ohne Einwirkung auf einander bleiben, und

7.) haben auch die Bewegungen, welche in den Molekülen vor sich gehen, auch einen großen Einfluß auf den Verbindungswiderstand.

Wärme, Licht und Electricität befördern nicht nur manche Verbindungen, sondern können auch Trennungen von Stoffen veranlassen. Diese Erscheinung kann durch folgende Theorie erklärt werden. Die Wärme verringert sowohl die Affinität als auch den Verbindungswiderstand, letzteren jedoch in höherem Maße. Anwendung auf einen konkreten Fall: Hg und O. verbinden sich bei gewöhnlicher Temperatur nicht, der Widerstand ist größer als die Affinität. Durch Erhitzen auf 350° wird der Widerstand so geschwächt, daß die Verwandtschaft ihn überwindet und das Hg verbindet sich mit O. zu HgO. Fährt man nun fort zu erhitzen, so ist bei 500° die Verwandtschaft = 0., welches das Zerfallen der Verbindung zur Folge hat.

Die Kenntniß der Gesetze, nach welchen die Verbindungswiderstände auftreten, würde ein bedeutender Fortschritt in der Chemie sein. Nach dem Stand der Wissenschaft heut zu Tage sind diese noch nicht fest zu stellen; man weiß nur daß sowohl Affinität als auch Verbindungswiderstand bei steigender Temperatur abnehmen, daß aber letzterer rascher abnimmt als die Verwandtschaftskraft.

Eintheilung der Chemie

I. Reine Chemie.

a.) experimental Chemie.
  1.) anorganische;
  2.) organische.

b.) analytische Chemie.
  1.) qualitative;
  2.) quantitative.

c.) Stöchiometrie oder theoretische Chemie.

II Angewandte Chemie.

a) medicinisch-chemische Wissenschaft. (Toxicologie).
b.) technisch-chemische Wissenschaft.

Abhandlung der einzelnen Elemente.

a. Metalloide

Sauerstoff. Oxygenium = O.

Aequivalentgewicht = 8.
Atomgewicht = 16.
Molekulargewicht = 32.

Spezifisches- oder Volumen-Gewicht = 16, wenn H=1 bei 0° und 760 Druck.
" " " " = 1,10561 " 773 Cctm. Luft = 1 grm. wiegen bei 0° und 760.

Der Sauerstoff wurde am 4 August 1774 von Priestley und 1775 von Scheele entdeckt, von Lavoisier aber erst genauer untersucht und beschrieben.
1/5 der atmosphärischen Luft (21%) 8/9 des Wassers sind O. Die Erdarten, die meisten Erze und Mineralien enthalten O. ebenso alle Thier- und Pflanzenkörper.

Man stellt O. dar aus:

1.) Quecksilberoxyd = HgO. durch Erhitzen

Hg = 92,59 %
O = 7,41 %
HgO = 100,00

100 grm. HgO. geben 5179. Cbc O. bei 0° und 760 mm. Druck.

2.) Chlorsaurem Kali = $KO.ClO_5$ ($KClO_3$) ebenfalls durch Erhitzen.

KO = 38,44 %	K =	31,91 %	} bleibt
	O =	6,53 %	
ClO_5 = 61,56 %	Cl =	28,93 %	
	O =	32,63 %	
KO,ClO_5 = 100,00.	"	100,00	

so nicht so.

100 grm. KO,ClO_5 geben 27,280 Cbc. O. bei 0° + 760 mm Druck
Nach beendigter Darstellung des O. aus KO,ClO_5 muss der Rückstand über die ganze Oberfläche des Gefässes im Innern verbreitet werden, da dasselbe sonst beim Wiedergebrauch zersprengt wird. Setzt man dem KO,ClO_5, MnO_2 zu, so geht die Entwickelung rascher vor sich, aber das Gas wird unrein.

3.) Pyrolusit = MnO_2. ebenfalls durch Erhitzen

Mn = 63,28 %
O = 36,72 %
MnO_2 = 100,00 %

100 grm. MnO_2 geben 8558. Cctm. O. bei 0° und 760 Druck.

Beim einfachen Erhitzen giebt MnO_2 nur 1/3 seines O. ab, während mit SO_3HO (SO_4H_2) erhitzt die Hälfte O verliert.

4.) **Braunit = Mn_2O_3**

Mn = 69,67 %.
O = 30,33 %.
Mn_2O_3 = 100,00.

100 grm. Mn_2O_3 geben 2356 Cbc. O. bei 0° und 760 mm. Druck. Mit SO_3HO (SO_4H_2) giebt dieser 1/3, ohne dieselbe nur 1/9 seines O-gehaltes.
Auch aus Manganit $Mn_2O_3 + HO$ kann O. dargestellt werden, und schließlich dient auch noch die galvanische Kette zur Abscheidung des O. aus Wasser. HO (H_2O)

Will man die Menge O. bestimmen, die eine Sauerstoffverbindung auszugeben vermag, z. B. das HgO. so bringt man eine gewogene Menge in ein Röhrchen, welches zu einer feinen Entbindungsröhre ausgezogen ist; erhitzt man nun so entweicht O., welchen man über Wasser, das schon vollständig mit O. gesättigt ist, oder besser über Hg. auffängt; das letztere hat nämlich einen kleineren Absorptionscoefficient für O.

Absorptionscoëfficienten des O. für HO.

bei 0° — 0,04114.
" 5° — 0,03628.
" 10° — 0,03251.
" 15° — 0,02989.
" 20° — 0,02838.

Es wird jedoch zuerst die Luft aus dem Röhrchen übertreten, und somit unsere Bestimmung fehlerhaft sein; damit nun dies vermieden werde, muß man entweder den schädlichen Raum sehr klein machen, oder man mißt ihn vorher und zieht dies Volumen von dem gefundenen ab, der in dem Apparat zurückbleibende O. muß, da man das Volumen kennt, welches er einnimmt, nur noch auf 0° und 0,76 Druck reduciert werden, um auch ihn mit in Rechnung bringen zu können. Wir hätten gefunden das Volumen des aus 2,742 gr. HgO. entwickelten O. betrage = 139. Cbc. bei 17° und 0,7624 Druck, die Spannung des nassen Gases sei für 17° = 0,0144. So ist das auf 0° & 0,76 Druck reducierte Volumen gleich:

$$\frac{139\,(0,7624 - 0,0144)}{0,76\,(1 + 0,00366 \cdot 17)} = V.$$

und man findet das dem Volumen entsprechende Gewicht nach der Proportion:

$$773^{cbc.} : \overset{\text{Gew. 773 ccl. O.}}{1,105} = V : x$$

oder auch $773 : V = 1{,}105 : x$.

folglich ist das Gewicht des auf 0° und 0,76 Druck reducirten Gases =

$$x = \frac{1{,}105 \cdot 139\,(0{,}7624 - 0{,}0144)}{773 \cdot 0{,}76\,(1 + 0{,}00366 \cdot 17)} = 0{,}1674.$$

Findet man nun durch Wiegen das Gewicht der in HgO enthaltenen Menge Hg. = 2,2870, so kann man leicht die procentalische Zusammensetzung von jenem ermitteln, wenn man folgende Proportion zur Anwendung bringt.

$$2{,}7420 : 2{,}2870 = 100 : x.$$

Auf ähnliche Weise wie wir die Menge O. bestimmten, welche eine Sauerstoffverbindung bei ihrer Zerlegung entwickelt, können wir auch umgekehrt bestimmen, wie viel Sauerstoff sich mit einem andern Körper zu einer Verbindung vereinigt. Bringt man zu diesem Zweck in den mit O gefüllten Kolben a. des nebenstehenden Apparates, ein Stückchen As. von dem Gewicht 0,1041 gr. und steigert durch allmähliges Erwärmen das As auf seine Entzündungstemperatur, nachdem man das Hg in dem mit dem Kolben in Verbindung stehenden Cylinder, mit dem äußern in gleiches Niveau gesetzt hat, so wird eine Feuererscheinung eintreten, die solange dauert bis alles As in AsO_2 (As_2O_3) verwandelt ist. (Das As muß dabei auf einem Stückchen Porzellan befestigt werden, damit das Glas bei der hohen Temperatur nicht schmilzt.) Das Hg. wird nun in dem Cylinder steigen, und man muß von Neuem das Niveau wieder herstellen. Der Stand des Hg. vor der Verbrennung sei 165,5. Theilstriche gewesen, nachdem man den Apparat hat functioniren lassen, wartet man bis er seine ursprüngliche Temperatur wieder angenommen hat, und nun liest man nur noch 140 Theilstriche (Cubcctm.) ab. Es sind also 25,5 Cbcm. O. nothwendig gewesen, um 0,1041 grm. As in AsO_2 überzuführen. Reducirt man nun das Volumen O. auf 0° und 0.76 Druck, so kann man aus dem spezifischen Gewicht die Gewichtsmenge O. berechnen, die zur Verbindung nöthig war.

Barometerstand = 0,7570 m.m.
Temperatur = 17°.
Tension = 0,0144 mm.
Volumen = 25,5 Cbc.

demnach ist das auf 0° u. 0,76 m.m. reducirte

$$\text{Volumen} = \frac{25{,}5\,(0{,}7570 - 0{,}0144)}{(1 + 0{,}00366 \cdot 17)\,0{,}76} = \frac{25{,}5 \times 0{,}7426}{1{,}0622 \times 0{,}76}.$$

$$773 : V = 1{,}105 : x.$$

daraus folgt:

$$G = \frac{1,105 \times 25,5 \times 0,7426}{773 \times 0,76 \times 1,0622}.$$

Der Sauerstoff ist ein farb=, geruch= und geschmackloses, genanntes Gas; nicht giftig, jedoch rein nicht athembar, bedingt und befördert jede Verbrennung und somit auch den Lebensprozeß. Kalkwasser wird durch ihn nicht getrübt; während er durch Licht nicht verändert wird, erleidet er durch plötzliche Temperaturerhöhung eine merkwürdige Veränderung, die jedoch nur von kurzer Dauer ist. Der Sauerstoff zeigt eine große Affinität zu den meisten Metallen und Metalloiden, die wie bei manchen anderen Körpern im Momente des Freiwerdens (in statu nascendi) noch erhöht ist. Diese Eigenschaft des O. sich leicht mit anderen Elementen zu verbinden, findet in der Praxis häufig Anwendung; so beruht die Bleiche lediglich darauf, daß farbige Substanzen, dem directen Sonnenlicht ausgesetzt, von dem sich hierbei entwickelnden O. angegriffen und oxydirt werden, wobei das färbende Mittel natürlich zuerst der Zerstörung preisgegeben ist, wenn diese dann eingetreten ist unterbricht man den Prozeß und erhält so die Substanz gebleicht. Wie wir oben schon gesehen haben verbindet sich der Sauerstoff mit fast allen Elementen, nur mit Fl. ist dies noch nicht gelungen. Seine Verbindungen sind: Superoxyde (MnO_2) Sesquioxyde (Mn_2O_3) Oxyde (HgO.), Suboxyde (Mn_3O_4) und Oxydule (MnO u. Hg_2O). Die Oxyde, welche in Wasser löslich sind röthen zum Theil blaues Lackmuspapier, man nennt dieselben Säuren, andere bläuen rothes Lackmuspapier, und diese nennt man Basen. Die übrigen Sauerstoffverbindungen, welche auf Lackmus keinerlei Wirkung haben, nennt man indifferente Körper. Säuren und Basen haben eine große Verwandtschaft zu einander, ihre Verbindungen nennt man Sauerstoffsalze. Salze mit gleichen Säuren verbinden sich häufig zu Doppelt-Salzen.

Zur Bildung von Sauerstoffverbindungen bedarf es einer gewissen Wärmemenge, und zwar unterscheiden wir:

1.) Entzündungstemperatur.
2.) Verbrennungswärme
3.) Verbrennungstemperatur.

Bildet die verbrennende Substanz gasförmige Produkte so sehen wir eine glühende Gassäule aufsteigen, welche wir im gewöhnlichen Leben Flamme nennen.

1. Die Entzündungstemperatur eines Körpers ist der Wärmegrad, bei welchem derselbe anfängt

sich mit einem andern unter Feuererscheinung zu verbinden.
Sie ist abhängig:

1.) Von der chemischen Natur der Materie;
(das betreffende Gesetz ist noch unbekannt.)

2.) Von der physikalischen Natur der Materie;
(d. h. von der Lagerung der kleinsten Theilchen.) Pt.

3.) Vom Verbindungswiderstand;

Terpentin

Alle Einflüsse, welche den Verbindungswiderstand ändern, ändern auch die Entzündungstemperatur. So wird die Entzündungstemperatur fast aller festen Körper erhöht, wenn sie einer hohen Temperatur ausgesetzt werden.
Auch bei Gegenwart fremder Körper kann dies eintreten, wie z. B. bei Phosphor, in dessen nächste Umgebung man etwas Terpentinöldampf gebracht hat.

2. Die Verbrennungswärme.

Sie ist die bei dem Acte der Verbrennung erzeugte Wärmemenge, welche andern Körpern vollständig zugeführt werden kann, und ist abhängig:

1.) Von der chemischen Natur der sich verbindenden Körper; (wesentlichster Factor, von welchem sie abhängt.)

2.) Von der Lagerung der kleinsten Theilchen.

3.) Vom Verbindungswiderstand; (verhältnißmäßig wenig).

4.) Von der absoluten Temperatur, bei welcher die Verbrennung vor sich geht. (auch merklich aber nicht wesentlich).

Die Wärme, welche bei der Verbrennung entsteht, beruht auf einer Bewegung der kleinsten Theilchen der Materie, welche eine gewisse Kraft repräsentiren, und je größer die Bewegung, um so höher die Temperatur.

3. Die Verbrennungstemperatur

ist der während der Verbrennung in dem verbrennenden Körper herrschende Wärmegrad. Über sie wissen wir nur sehr wenig. Es giebt gewisse Mittel, die Temperatur von Gasen zu bestimmen, weiter reicht jedoch unsere Kenntniß nicht.

Wenn 1 grm. H. verbrennt, erhielte ein grm. HO (H_2O) die Temperatur von 29629 °C; 1 gr. H giebt aber beim Verbrennen mit O = 9 grm HO; und in dem gebildeten HO wird daher die Temperatur 9 mal geringer sein $= \frac{29629}{9}$ das wäre = 3292,111....

Aber selbst diese Temperatur wird annähernd nicht erreicht werden; wir müssen noch durch die specifische Wärme des Wasserdampfes dividiren, da dieser weniger Wärme braucht um, um einen Grad mehr erwärmt zu werden.

Spezifische Wärme des Wasserdampfes = 0,473
" " " Wassers flüssig = 1.

Demnach ist $\frac{29629}{9 \times 0,473} = 6931°$. die Verbrennungstemperatur, vorausgesetzt, daß H. bei dieser Wärme sich noch mit O. verbinden kann.

Verbrennungswärme mit O.

1 Grm.	H	zu HO flüssig	=	34463 °C.
1 "	"	" " dampf	=	29629 °C.
1 "	Äthylen	" CO_2 in HO	=	11858° "
1 "	Holzkohle	" CO_2 ——	=	8080° "
1 "	Graphit	" CO_2 ——	=	7796° "
1 "	Diamant	" CO_2 ——	=	7770° "
1 "	Schwefel	" SO_2 ——	=	2240° "

Verbrennungen in Sauerstoff.

As verbrennt mit fahler, bläulichweißer Flamme.
H " " " schwach leuchtender " "
C " " unter lebhaftem Glimmen ohne " "
Feuerschwamm verbrennt mit gelblich weißer " "
S " " " blauer " "
P " " " gelber " " selbst noch unter H.O.
Fe verbrennt unter heftigem Erglühen und lebhaftem Funkensprühen von ungeheurer Temperatur.
Mg. " " mit ungeheurem Glanz, explosionsartig.
Na " " mit lebhaftem Glanz und gelber Flamme, wobei eine bedeutende Wärme entwickelt.

Während die Metalloide beim Verbrennen mit O. meistens Säuren geben, so sind die Verbrennungsprodukte der Metalle meistens Basen. Es ist keineswegs nothwendig, daß die Verbrennungen immer unter Feuererscheinung vor sich gehen, im Gegentheil die meisten geschehen ohne solche. Das Rosten des Eisens an feuchter Luft, die Oxydation des Phosphors unter Wasser, der Lebensprozeß und so viele andere Erscheinungen sind Verbrennungen. Wenn ein Körper beim Verbrennen erglüht, so liegt dies lediglich daran, daß er sehr rasch verbrennt, und die dabei erzeugte Wärme nicht schnell genug weggeführt werden kann. Im gewöhnlichen Leben ist es Brauch nur die unter Feuererscheinung vor sich gehende Vereinigung eines Körpers mit O. Verbrennung zu nennen, obgleich eigentlich jeder Act der Verbindung irgend eines Körpers

Direkten

mit einem Metalloid in der Chemie als Verbrennung angesehen wird.

Lichterscheinungen: Die Flamme ist ein in dem Acte der Verbindung sich entwickelndes Gas, das durch seine Wärme in's Glühen gebracht ist und in die Höhe steigt. Die Kegelform wird dadurch hervorgerufen, dass die äusseren Gastheilchen sich gleich abkühlen und nicht zum Erglühen kommen.

Farbenerscheinung: Da die Flamme aus glühenden Gasen besteht, so hängt ihre Färbung nur von der chemischen Natur derselben ab, die Flammenfarbe ist also auch eine chemische Eigenschaft, und hängt mit einer molekularen zusammen, die durch nichts afficirt wird. Im Allgemeinen jedoch haben Gase für Licht nur ein geringes Absorptionsvermögen, daher ist die Lichtmenge, die sie im glühenden Zustand aussenden auch nur gering, diese wird aber gesteigert sowie ein fester Körper in der Flamme zum Erglühen kommt. Dies ist z. B. bei all unserem Leuchtmaterial der Fall, denn dieses scheidet beim Verbrennen seine Kohle aus (sie russen), die dann die Leuchtkraft der Gase erhöht. Wir können aber auch durch andere Körper dasselbe Ziel erreichen, nur wird dann die Farbe der Flamme geändert, indem das intensivere Licht des festen Körpers, immer die Farbe der Flamme verdeckt oder theilweise überstrahlt. Diese Eigenschaft der festen Körper kann man benützen, um sie in ihren Verbindungen zu erkennen. Bringt man z. B. in die wenig leuchtende Flamme eines Bunsen'schen Brenners KO. so wird sie violett erscheinen

bei NaO. gelb,
BaO. grün.
CaO. brandroth.
SrO. carminroth.
BO_3 grün.
Li. roth
In. blau.

Oxydationsmittel: Durch directe Vereinigung mit Sauerstoff erhält man bei allen Körpern gewöhnlich immer dieselbe Oxydationsstufe, will man jedoch noch andere hervorbringen, so ist man auf den indirecten Weg angewiesen. Zur Verbrennung der Körper mit Sauerstoff auf indirectem Wege dienen uns die Oxydationsmittel, die man in zwei Klassen theilt; solche die bei gewöhnlicher Temperatur ihren Sauerstoff abgeben und solche welche bei höherer Temperatur dies erst thun. Zu den ersteren gehört die Salpetersäure und ein Gemenge von chlorsaurem Kali und Schwefelsäure, zu letzteren Quecksilberoxyd und chlorsaures Kali allein.

z. B. $KO,ClO_5 + 6\,Sn = KCl + 6\,SnO$ oder $KClO_3 + 3\,Sn = KCl + 3\,SnO$.

Man kann jedoch manchmal in die Lage kommen andere Oxydationsmittel anwenden zu müssen, als die einem geläufigen, es sei daher hier die Methode angegeben, vermittelst welcher man verfährt, um zu erfahren, ob eine Sauerstoffverbindung fähig ist schon bei niederer Temperatur ihren O. abzugeben.

Solche Oxydationsmittel sind z.B. NO_5 (HNO_3) und Cl bei Gegenwart von Wasser.

Zur Erkennung ob eine Sauerstoffverbindung fähig ist ihren Sauerstoff bei niederer Temperatur an andere Körper ab zugeben, bringt man die Verbindung in eine Mischung von Stärkelösung, Jodkaliumlösung und Essigsäure, entsteht dadurch eine Blaufärbung, so ist es ein Oxydationsmittel. Der Vorgang ist nämlich so zu erklären: die Sauerstoffverbindung giebt ihren Sauerstoff ganz oder nur theilweise an das Kalium ab, wodurch Kali gebildet wird, welches sich mit der Essigsäure vereinigt, das ausgeschiedene Jod aber bringt diese Veränderung des Amylon's hervor.

Wir wollen z.B. einmal Chlorwasser untersuchen.

HO + Cl.	HCl	KO + Essigsäure
Amylum	O →	HCl
Essigsäure	Amylum	Amylum + J. (blau)
KJ.	Essigsäure	
	KJ.	

Bei rauchender Salpetersäure braucht man nur die Dämpfe auf das Gemisch zu leiten, um sofort eine Bläuung hervorzurufen.

Von dem Sauerstoff, dessen Verhalten wir bisher betrachtet haben, kennen wir aber noch eine eigenthümliche Modification, den allotropischen Sauerstoff, auch Ozon und activer Sauerstoff genannt, welch letzteren Namen er daher hat, daß er sich mit vielen Elementen schon bei gewöhnlicher Temperatur vereinigt und überhaupt einen höheren Grad von Verbindungsfähigkeit zeigt als der gewöhnliche. Er gleicht fast völlig diesem letzteren, unterscheidet sich aber von ihm eben durch seine große Verwandtschaftskraft und durch seinen eigenthümlichen, gleich dem Chlor, zerstörend auf die Schleimhäute wirkenden Geruch. Setzt man gewöhnlichen Sauerstoff plötzlich für einen Moment einer sehr hohen Temperatur aus, so bildet sich Ozon, und dies geschieht, wenn man den electrischen Funken durch Sauerstoff schlagen läßt. Nebenstehender Apparat dient dazu einen Sauerstoffstrom zu ozonisiren. Der Sauerstoff tritt bei A. ein in ein Rohr, in welchem fortwährend electrische Funken überspringen und bei B. tritt das ozonisirte Gas aus. Es gelingt jedoch nur einen sehr

kleinen Theil in den allotropischen Zustand überzuführen;
4–5 % (3–4 %) der angewandten Menge Sauerstoff sind es
ungefähr, die sich in Ozon verwandeln. Dies mag seinen
Grund darin haben, daß bei der Abkühlung das Gasgemenge
durch alle Phasen der Temperatur hindurchgehen muß, und
schließlich auch an die kommt, in welcher der allotropische
Zustand wieder aufgehoben wird; da aber Verbindung
wie Zersetzung Zeit brauchen, so wird nicht aller Ozon
wieder umgebildet, sondern es bleibt noch ein zwar sehr
kleiner Theil übrig. Der Ozon bildet sich, obgleich nur in
geringer Quantität fast bei jeder Sauerstoffentwicke-
lung z. B. bei der aus HgO.; besonders aber wenn hohe
Oxydationsstufen hierzu verwandt werden, wie dies
der Fall ist, wenn wir Sauerstoff aus HgO, ClO_3 oder
aus BaO_2 und H_2SO_4 entwickeln. Die Bildung tritt jedoch
nicht ein, wenn Alkali vorhanden ist. Ozon entsteht
bei langsamer Oxydation z. B. bei der Verwesung orga-
nischer Gebilde, wie wir dies im Frühjahr in Wäldern
beobachten können, wo das gefallene Laub in Verwe-
sung übergeht. Auch beim Verdampfen großer Wasser-
mengen bildet sich Ozon, und in der Nähe der Gradir-
häuser verräth er sich manchmal durch seinen Geruch. Auf
katalytischem Weg entsteht der allotropische Sauerstoff, wenn
man gewöhnlichen über Phosphor leitet oder ihn mit PtO.
erhitzt, und schließlich hat man erwiesen, daß er beim
Verbrennen des H. in O. entsteht. Der Ozon hat ein
großes Bestreben sich mit anderen Körpern zu vereinigen.
So verbindet er sich schon bei gewöhnlicher Temperatur mit
Pt. Ag und Cu. Manganchlorür verwandelt er in Man-
ganhyperoxyd, und zeigt somit dieselben Eigenschaften die
Sauerstoff im Status nascens oder bei der indirecten
Verbindung (wenn O. aus einer Verbindung in die andere
übergeführt wird) besitzt, die höchsten Oxydationsstu-
fen zu bilden. Beim Erhitzen geht der Ozon wieder
in gewöhnlichen Sauerstoff über.

Der Ozon gilt als eine Verbindung von Sauerstoff
mit Sauerstoff, und zwar hat man Gründe anzuneh-
men, daß je drei Theilchen sich zu einem Molekül zu-
sammenlagern. Gewiß ist es jedoch noch nicht, man
will zwar das spezifische Gewicht des Ozons dreimal
so groß gefunden haben als das des Sauerstoffs. Man
hat vielfach Versuche angestellt, theils um das Volum
des in Ozon verwandelten Sauerstoffs zu messen, theils
um zu beweisen, daß bei der Ozonbildung eine Zu-
sammenlagerung von drei Sauerstoffatomen stattfindet.
Bringt man z. B. in einen Glasballon von bekanntem
Volumen, der mit einem Hals endigt, worauf eine Scala
angebracht ist, ein ozonisirtes Sauerstoffquantum und

sperrt es mit Wasser ab, so bemerkt man, wenn man den allotropischen Zustand durch Erhitzen (durch electrisches Erglühen eines feinen Platindrahtes) aufhebt, daß sich das Volumen vergrößert. Verwendet man ein andermal den in dem Ballon enthaltenen Ozon zum oxydiren, so wird keine Volumveränderung eintreten obgleich die Oxydation vollständig vor sich geht, denn nur die beiden überschüssigen Atome werden zum Oxydiren verwandt. Beide Fälle deuten darauf hin, daß eine Zusammenlagerung der Atome und eine Contraction des Volumens hierbei stattgefunden haben muß.

Die Gegenwart des Ozons wird auf dieselbe Weise zu nachzuweisen, wie die eines andern Oxydationsmittels, indem man ihn auf eine Mischung von Jodkaliumlösung, Stärkekleister und Essigsäure wirken läßt. Da er das Kalium oxydirt, so wird Jod frei und bildet mit der Stärke seine charakteristische blaue Verbindung.

Wir haben nun das chemische Verhalten des Sauerstoffs in seiner ganzen Ausdehnung kennen gelernt und könnten uns jetzt zu einem andern Elemente wenden, bevor wir dies jedoch thun müssen wir unsere Aufmerksamkeit auf ein viel wichtigeres Kapitel der Chemie richten, nämlich auf die Gesetze, nach welchen die Verbindungen der Elemente vor sich gehen, und auf die chemische Nomenclatur.

Die Elemente vereinigen sich fast alle untereinander und bilden somit eine große Anzahl von Verbindungen. Die Verbindungen zweier Elemente hat man als Verbindungen <u>erster Ordnung</u> bezeichnet durch Vereinigung dieser mit einander entstehen die Verbindungen <u>2ter Ordnung</u>, und wenn zwei derartige Verbindungen sich nochmals vereinigen, so entsteht eine Verbindung <u>3ter Ordnung</u>.

Es lassen sich weiter die Verbindungen in zwei große Klassen theilen, nämlich in solche nach veränderlichen Verhältnissen, wie z. B. Lösungen und Legirungen, und in Verbindungen nach festen Verhältnissen, dies sind die wahren chemischen Verbindungen. Letztere sind es, die wir besonders in's Auge zu fassen haben.

Wenn ein Körper a. mit einem Körper b. zu einer chemischen Verbindung zusammengetreten ist, so ist dies in einem gewissen Verhältniß geschehen, und wir werden dieses vorausgesetzt, daß die Substanz sich in allen Fällen wiederfinden, wenn wir dieselbe Verbindung einer Untersuchung unterwerfen, gleichviel wo und auf welche Weise dieselbe entstanden ist; <u>die chemischen Verbindungen variiren in ihrer Zusammensetzung nicht zwischen gewissen Grenzen</u>. Dies nennen wir

I. Das Gesetz der constanten Zusammensetzung.

Quecksilberoxyd = HgO.

Hg = 1,8084. = 1,9530 : 1,8084. = 100 : x ; x = 92,593 %
O = 0,1446. = 1,9530 : 0,1446. = 100 : y ; y = 7,407 %
HgO = 1,9530. 100,000.

Kohlenoxyd = CO.
C = 42,858 %.
O = 57,142 %.
CO = 100,000.

Unterschweflige Säure = SO.
S. = 66,666 %
O. = 33,334 %
SO. = 100,000.

Stickoxydul = NO.
N. = 63,637.
O. = 36,363.
NO. = 100,000.

Bleioxyd = PbO.
Pb = 92,830 %.
O = 7,170 %.
PbO = 100,000

Kupferoxyd = CuO.
Cu. = 79,863 %.
O. = 20,137 %.
CuO = 100,000.

Eisenoxydul = FeO.
Fe = 77,778 %.
O = 22,222 %.
FeO = 100,000.

Wasser = HO.
H = 11,111.
O = 88,889.
HO = 100,000.

II. Das Gesetz der multiplen Verbindungen

Wenn zwei Stoffe sich in mehreren Verhältnissen verbinden, so stehen die mit derselben Menge des einen Stoffes verbundenen Mengen des zweiten Stoffes unter sich in einem sehr einfachen Verhältniß, welches z. B. durch die Zahlen

1 : 3/2 : 2 : 5/2 : 3 : 7/2 : 4 : 5 : 7.

ausgedrückt wird.

Um eine klare Einsicht in dieses Gesetz zu geben, wollen wir einige Beispiele anführen:

Unterchlorige Säure = ClO.
Cl = 81,593 = 443,3.
O = 18,407 = 100.
ClO = 100,000

Chlorige Säure = ClO_3.
Cl = 59,640. = 1/3 × 443,3;
O = 40,360. = 100
ClO_3 = 100,000.

Chlorsäure = ClO_5.
Cl = 46,994.
O = 53,006.
ClO_5 = 100,000.

Überchlorsäure = ClO_7.
Cl = 38,773.
O = 61,227.
ClO_7 = 100,000.

Unterschweflige Säure = SO.
S. = 66,666.
O. = 33,334.
SO. = 100,000.

Schweflige Säure = SO_2.
S = 50,000.
O = 50,000.
SO_2 = 100,000.

Schwefelsäure SO_3.
S. = 40,060.
O. = 59,940.
SO_3 = 100,000.

Der erste Anblick dieser Zusammensetzungen läßt keine Gesetzmäßigkeit wahrnehmen, berechnet man aber die Zusammensetzung der verschiedenen Verbindungen auf ein und dasselbe Gewicht des einen darin enthaltenen Stoffes z. B. des Sauerstoffs, so wird es sogleich in die Augen fallen, daß die mit diesem verbundenen Stoffmengen in dem Verhältniß von 1 : 1/3 : 1/5 : 1/7 stehen.

$ClO = 100; O : 443,3\ Cl = 100 : 1 \times 443,3$
$ClO_3 = 100; O : 147,7\ Cl = 100 : \tfrac{1}{3} \times 443,3$
$ClO_5 = 100; O : 88,6\ Cl = 100 : \tfrac{1}{5} \times 443,3.$
$ClO_7 = 100; O : 63,3\ Cl = 100 : \tfrac{1}{7} \times 443,3.$

Berechnen die Sauerstoffmengen die mit ein und derselben Menge Chlor verbunden sind, so finden wir, dass sie sich umgekehrt verhalten, nämlich wie 1 : 3 : 5 : 7.

In ClO sind mit 443,3 Cl; 100 O. verbunden;
" ClO_3 " " 443,3 " 3×100 " " " ";
" ClO_5 " " 443,3 " 5×100 " " " "; und
" ClO_7 " " 443,3 " 7×100 " " " ".

Es ist hierbei natürlich ganz einerlei, welche Mengen von Sauerstoff im einen Fall und Chlor im andern man der Berechnung zu Grunde legt.

Zwischen den Gewichten der Elemente welche durch ihre Vereinigung die unzähligen, jetzt schon bekannten Verbindungen bilden, bestehen aber noch weit merkwürdigere Beziehungen, als die soeben erwähnten. Bevor wir diese jedoch in ihrer Allgemeinheit aussprechen, wollen wir sie an einigen Beispielen näher kennen lernen.

Schwefelblei = PbS.
$Pb = 86,619 = 1294,6.$
$S = 13,381 = 210.$
$PbS = 100,000.$

Chlorblei = $PbCl$.
$Pb = 74,493 = 1294,6.$
$Cl = 25,507 = 443,3.$
$PbCl = 100,000.$

Schwefelkupfer = CuS.
$Cu = 66,478 = 396,6.$
$S = 33,522 = 210.$
$CuS = 100,000.$

Einfach Schwefeleisen = FeS.
$Fe = 63,636. = 350.$
$S = 36,364. = 210.$
$FeS = 100,000.$

Zweifach Schwefeleisen FeS_2.
$Fe = 46,667. = 350.$
$S. = 53,333 = 2 \times 210.$
$FeS_2 = 100,000.$

Berechnen wir die hier gefundenen prozentischen Zusammensetzungen des Einklangs halber auf O = 100, wie wir dies schon bei den vorhergehenden Betrachtungen gethan haben, so beobachten wir, dass sich
1294,6 Gewichtstheile Pb. sich mit 210 Theilen S. und
443,3 Theilen Cl verbinden,
und wenn wir weiter gehen finden wir, dass sich auch 396,6 Theile Cu mit 210 Theilen S. und endlich
350 Theile Fe sowohl mit 210 Theilen als auch mit
2×210 Theilen S. verbinden.

Die Gewichtsmengen 1294,6 Pb, 396,6 Cu. und 350 Fe besitzen also die bemerkenswerthe Eigenschaft: einander in entsprechenden Verbindungen zu ersetzen, sie haben ähnlichen Wirkungswerth oder sie sind einander äquivalent. Aus diesem Grunde hat man obige Gewichtsmengen Aequivalentgewichte oder chemische Aequivalente (auch Verbindungsgewicht, Mischungsgewicht, chemisches Differenzial und chemisches Proportional) genannt, und das Gesetz, welches die Bildung der Verbindungen nach diesen Verhältnissen ausspricht: das Gesetz der

äquivalenten Zusammensetzung.

Wir könnten in gleicher Weise, wie wir dies vorhin gethan, die Zusammensetzung der Verbindungen aller einfachen Körper vornehmen, und wir würden dabei finden, daß für jeden derselben ein bestimmtes Gewicht angenommen werden kann, mit dem er sich mit den äquivalenten Mengen anderer Körper verbindet; nach unserer Übereinkunft nennen wir dies Gewicht das Aequivalent oder Mischungsgewicht des Körpers.

„Alle Verbindungen der einfachen Körper gehen daher nach diesen Aequivalenten oder Multiplen derselben mit den einfachen Zahlen 1, 3/2, 2, 5/2, 3 . . vor sich."

Da die Aequivalentgewichte nur Verhältnißzahlen sind, nach welchen sich die Stoffe mit einander vereinigen, so ist es einerlei, welche Zahl man dabei als Einheit annimmt. Die Chemiker haben hierbei anfangs das Aequivalent des Wasserstoffs, weil es das kleinste ist, =1 gesetzt, und hierauf die Aequivalente sämmtlicher anderen Stoffe bezogen. Später wählte man das Aequivalent des Sauerstoffs zur Einheit, setzte es = 100, und berechnete hiernach die Aequivalente der einfachen Stoffe. In neuerer Zeit ist man zu der ältern Bezeichnungsweise wieder zurückgekehrt, und die meisten Chemiker nehmen jetzt bei der Berechnung der Aequivalente das Aequivalent des Wasserstoffs zur Einheit an. Wir geben in folgender Tafel, die bis jetzt bekannten Elemente mit ihren Aequivalenten nach beiden Berechnungsweisen:

Tafel
der
chemischen Aequivalente der einfachen Stoffe.

Name und Zeichen	Berechnet auf O = 100. Krenker.	Berechnet auf H = 1. Bunsen.	Name und Zeichen	Berechnet auf O = 100. Krenker.	Berechnet auf H = 1. Bunsen.
Sauerstoff = O.	100,00.	8,00.	Silicium = Si.	177,80.	14,20.
Wasserstoff = H.	12,50.	1,00.	Kohlenstoff = C.	75,00.	6,00.
Stickstoff = N.	175,00.	14,04.	Kalium = K.	487,50.	39,15.
Schwefel = S.	200,00.	16,04.	Natrium = Na.	287,50.	23,05.
Selen. = Se.	493,70.	39,60.	Lithium = Li.	87,50.	7,03.
Tellur = Te.	800,00.	64,10.	Rubidium = Rb.	1067,50.	85,40.
Chlor = Cl.	443,30.	35,46.	Cäsium = Cs.	1662,50.	133,00.
Brom. = Br.	1000,00.	79,95.	Barium = Ba	857,00.	68,60.
Jod = J	1587,50.	126,85.	Strontium = Sr.	547,50.	43,92.
Fluor = Fl.	237,50.	19,00.	Calcium. = Ca	250,00.	20,00.
Phosphor = P.	387,50.	31,00.	Magnesium = Mg	150,00.	12,00.
Arsen = As.	937,50.	75,00.	Aluminium = Al	170,40.	13,70.
Bor = Bo.	137,50.	10,90.	Beryllium = Be	87,50.	7,00.

Namen und Zeichen	Gewicht auf O=100.	Gewicht auf H=1.	Namen und Zeichen	Gewicht auf O=100.	Gewicht auf H=1.
Zirkonium = Zr.	558,80.	44,80.	Titan = Ti.	312,50.	25,18.
Thorium = Th.	723,80.	59,50.	Wismuth = Bi.	2600,00.	208,00.
Yttrium = Yt.	385,00?	46,20.	Antimon = Sb.	1525,00.	122,34.
Erbium = Er.	703,80?	84,85.	Uran = Ur.	750,00.	60,00.
Cerium = Ce.	575,00?	68,57.	Wolfram = Wo.	1150,00.	92,00.
Lanthan = La.	575,00?	69,57.	Molybdän = Mo.	575,00.	47,90.
Didym = Di.	600,00?	73,50.	Tantal = Ta.	2275,00.	182,00.
Mangan = Mn.	337,50.	27,57.	Niobium = Nb.	1175,00.	94,00.
Eisen = Fe.	350,00.	28,02.	Vanadin = Vd.	641,20.	51,30.
Chrom = Cr.	325,00.	26,30.	Quecksilber = Hg.	1250,00.	100,10.
Kobalt = Co.	368,75.	29,48.	Silber = Ag.	1350,00.	107,90.
Nickel = Ni.	368,75.	29,50.	Gold = Au.	2450,00.	196,70.
Zink = Zn.	406,00.	32,50.	Platin = Pt.	1237,50.	98,50.
Kadmium = Cd.	700,00.	55,73.	Palladium = Pd.	662,50.	53,00.
Indium = In.	472,50.	56,70.	Iridium = Ir.	1232,00.	98,55.
Kupfer = Cu.	396,60.	31,70.	Osmium = Os.	1250,00.	99,50.
Blei = Pb.	1293,70.	103,46.	Rhodium = Rh.	650,00.	52,00
Thallium = Tl.	2550,00.	204,00.	Ruthenium = Ru.	650,00.	52,00.
Zinn = Sn.	737,50.	58,80.			

Da die Mischungsgewichte oder Aequivalente das Verhältniß ausdrücken, wie sich zwei Elemente zu einer Verbindung erster Ordnung vereinigen, so muß selbstverständlich die Summe der Aequivalente, der in einer solchen Verbindung enthaltenen Elemente, das Verhältniß ausdrücken, in welchem die Vereinigung dieser mit einer andern Verbindung erster Ordnung vor sich geht. Die Chemiker haben das Gesetz, durch Versuche allein und ohne irgend eine Hypothese aufzunehmen, auf die binären Verbindungen aller einfachen Stoffe, auf die durch Vereinigung sämmtlicher electronegativer Körper mit electropositiven entstehenden Salze und auf alle Verbindungen der Salze unter sich ausgedehnt, und sie nennen das allgemeine Gesetz so: „Das Aequivalent eines zusammengesetzten Körpers ist die Summe der Aequivalente der einfachen, in der Verbindung enthaltenen Stoffe, welche nach der für den Körper angenommenen Formel berechnet wird." Die Formel kann daher als Ausdruck des Aequivalents der Verbindung betrachtet werden.

IV. Beispiel für das Gesetz der Aequivalent-Summe.

Schwefelsaures Bleioxyd $= PbO, SO_3 \begin{cases} PbO = 73,609. & \begin{cases} Pb = 68,332 \\ O = 5,277. \end{cases} \\ SO_3 = 26,391. & \begin{cases} S = 15,831. \\ O = 10,560. \end{cases} \\ \overline{100,000.} & \end{cases} = 100,000.$

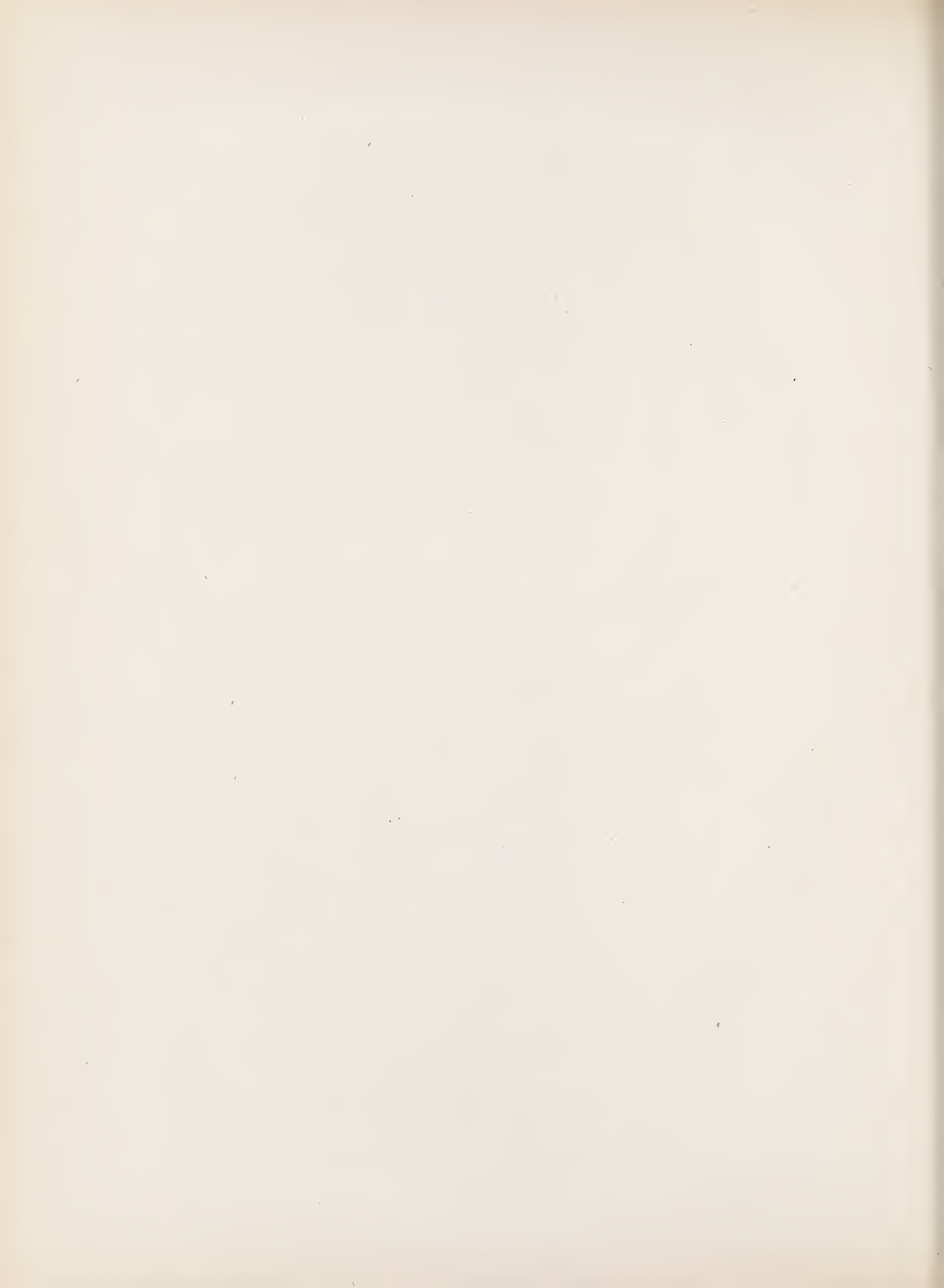














Bunsen, R.
R. W. Bunsen's
Vortrage über
anorganische
Experimental-
chemie
[manuscript]
1876

